

PROCESOS DE COLISIÓN EN PARTÍCULAS ELEMENTALES

Física

Este material de autoestudio fue creado en el año 2007 para la asignatura Física del programa Ingeniería Electromecánica y ha sido autorizada su publicación por el (los) autor (es), en el Banco de Objetos Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

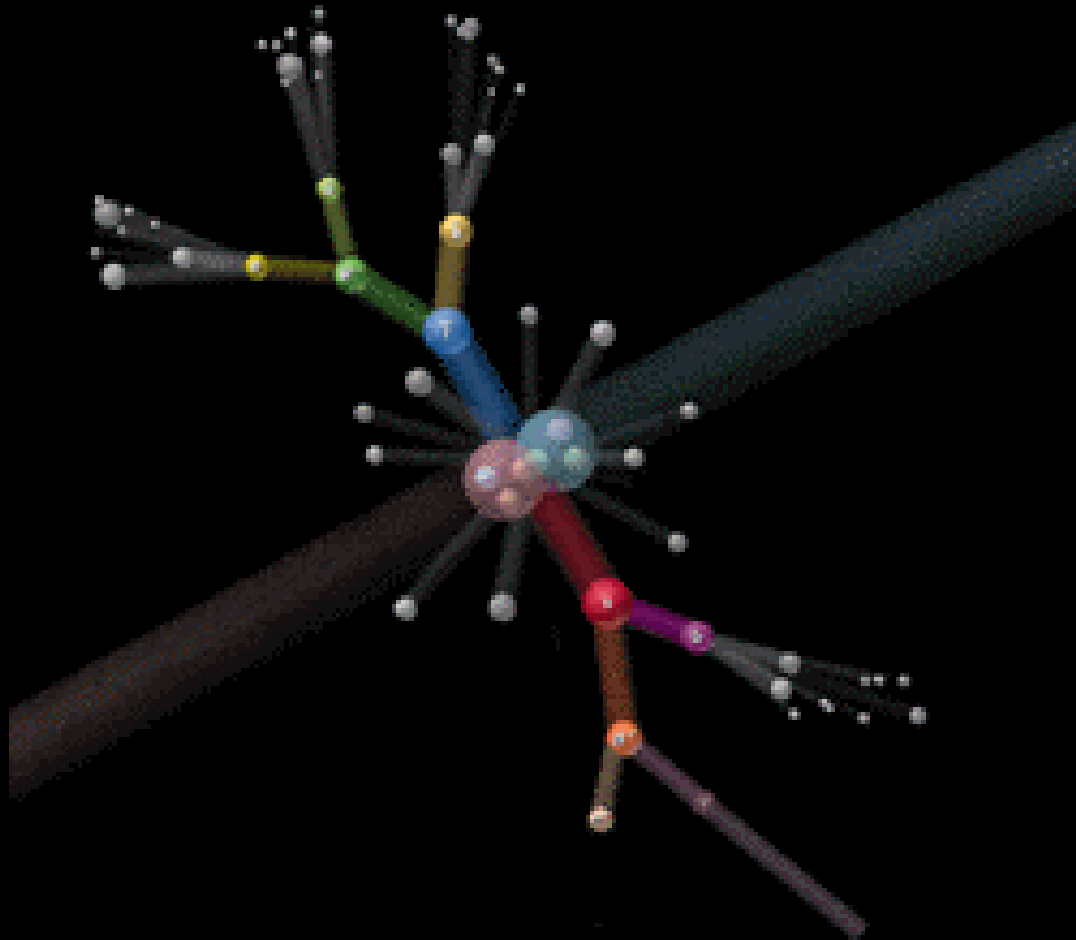


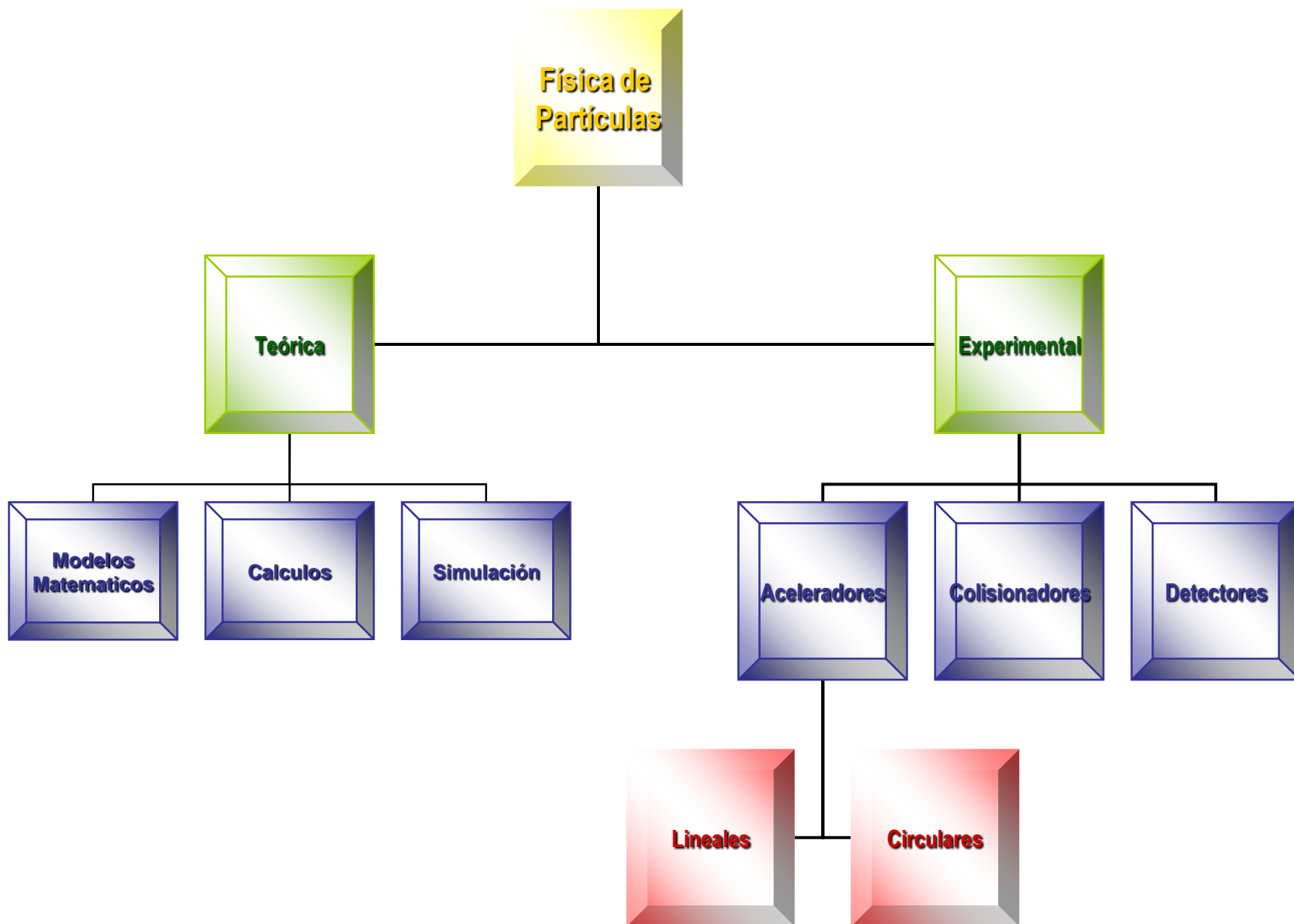
GRUPO DE INVESTIGACIÓN TECNOLOGIAS ELECTROMECAÑICAS AUTOMATIZADAS



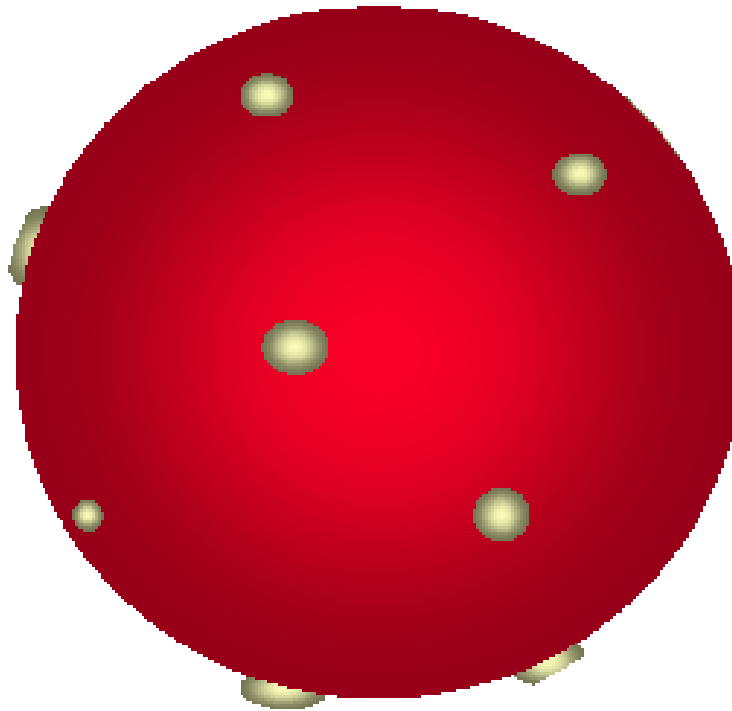
PRESENTA

Procesos de Colisión en Partículas Elementales

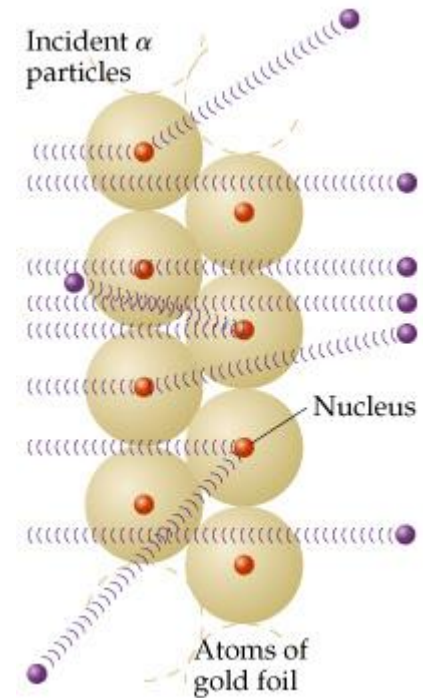
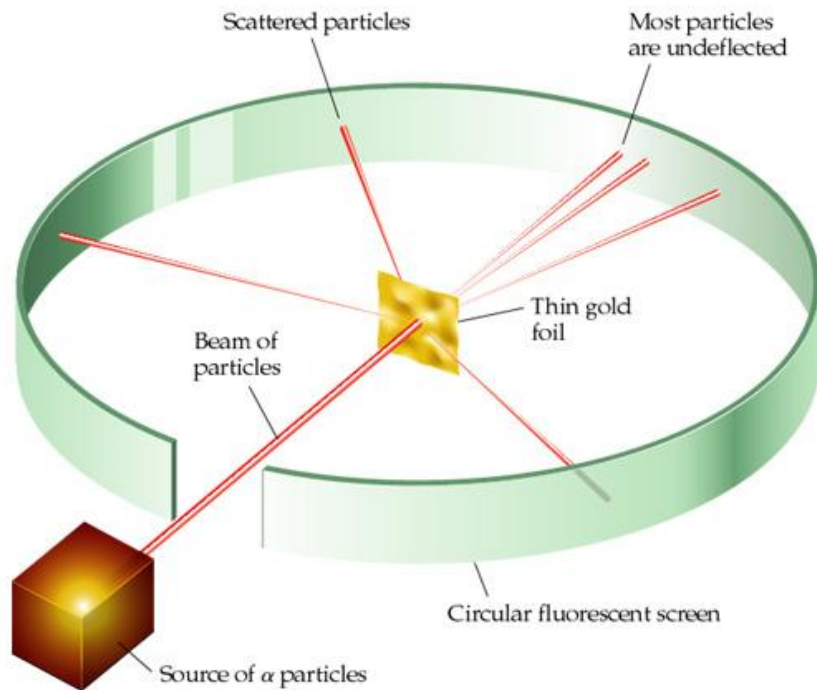




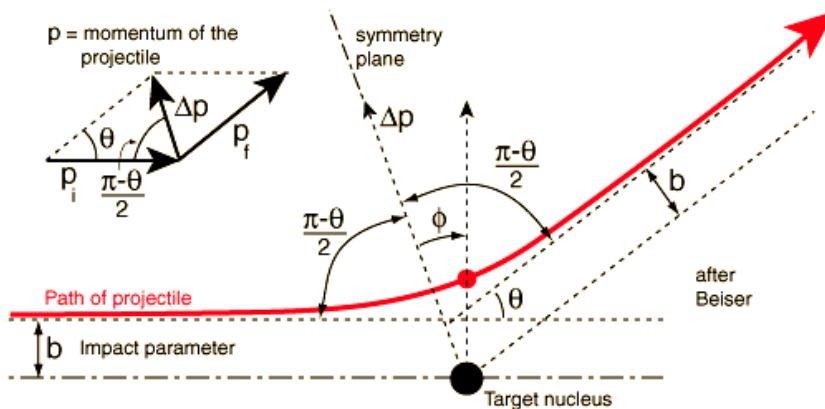
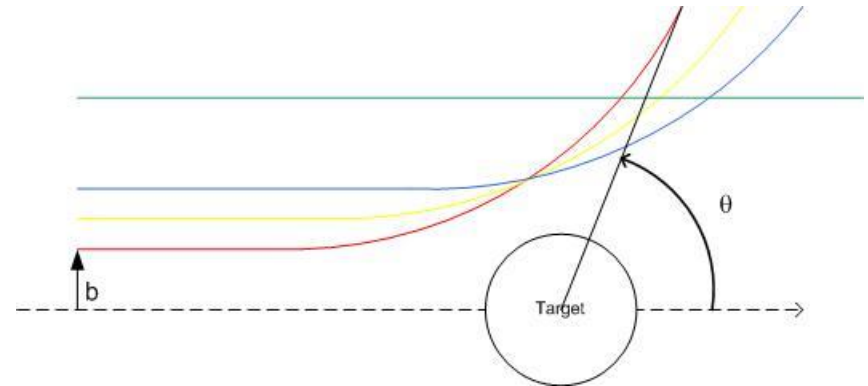
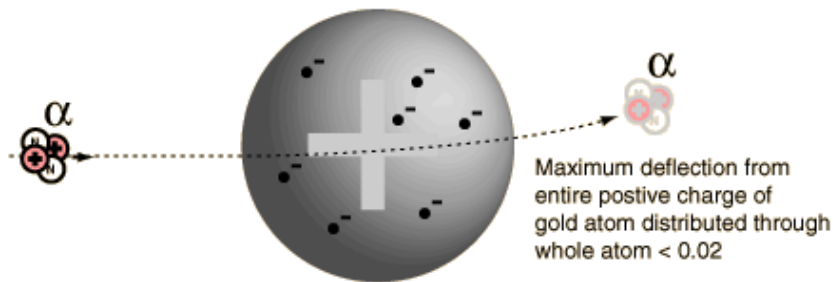
Modelo Atómico de Thomson



Dispersión de Rutherford



Dispersión de Rutherford



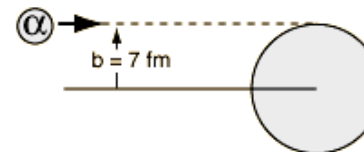
Gold nucleus
 $Z=79$, $A=197$

$$r = 7 \text{ fermi} = 7 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$A = \pi r^2 = 154 \text{ fermi} = 1.54 \times 10^{-28} \text{ m}^2$$

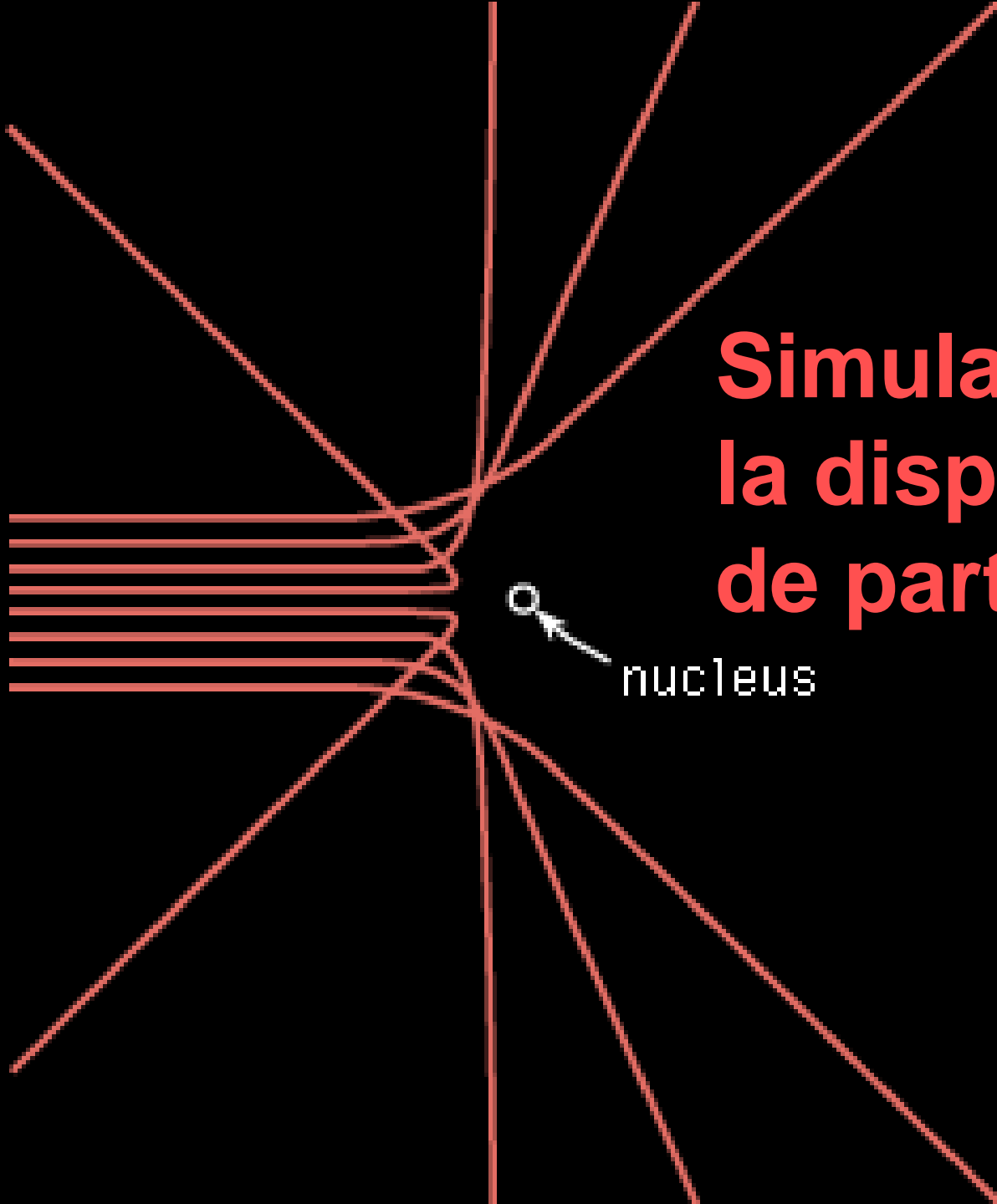
$$A = 1.54 \text{ barns}$$

$$1 \text{ barn} = 10^{-28} \text{ m}^2 = 100 \text{ fm}^2$$



A 6 MeV alpha particle approaching a gold nucleus with an impact parameter equal to the gold nuclear radius of 7 fm would be scattered through an angle of almost 140° . We would say that the cross section for scattering at or greater than 140° is 1.54 barns.

Simulación de la dispersión de partículas α

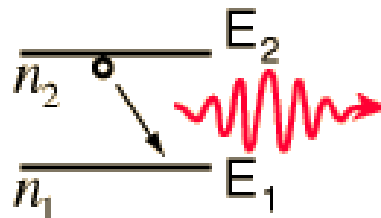


nucleus

Dispersión de Rutherford



Espectros de Líneas



A downward transition involves emission of a photon of energy:

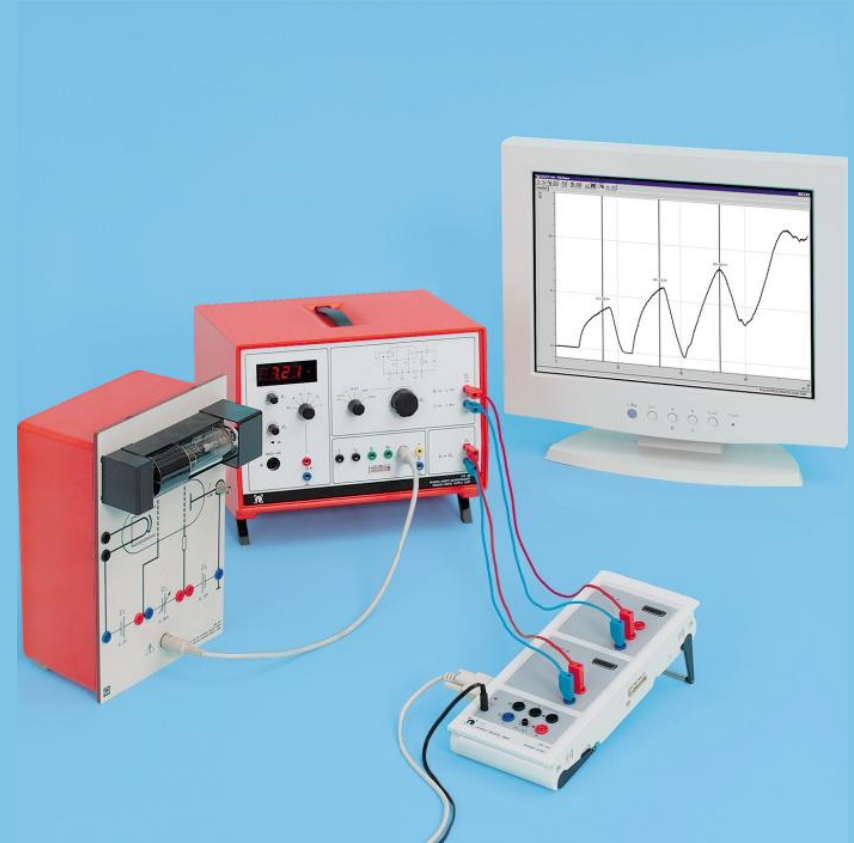
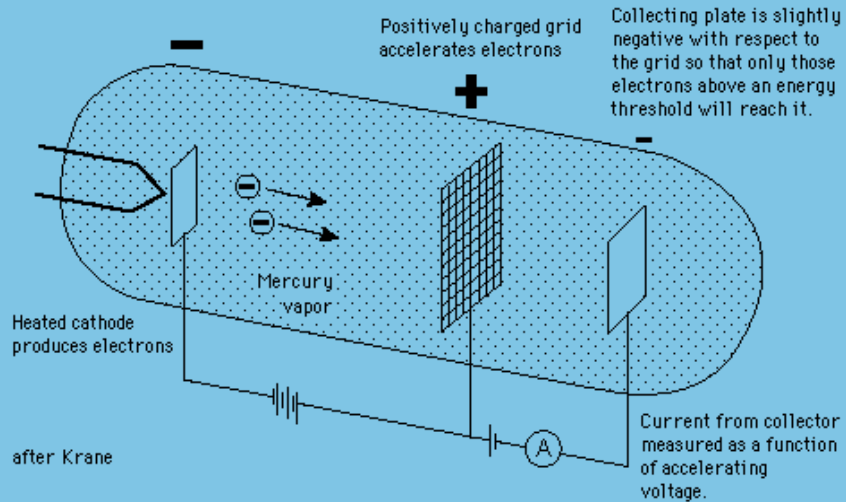
$$E_{\text{photon}} = h\nu = E_2 - E_1$$

Given the expression for the energies of the hydrogen electron states:

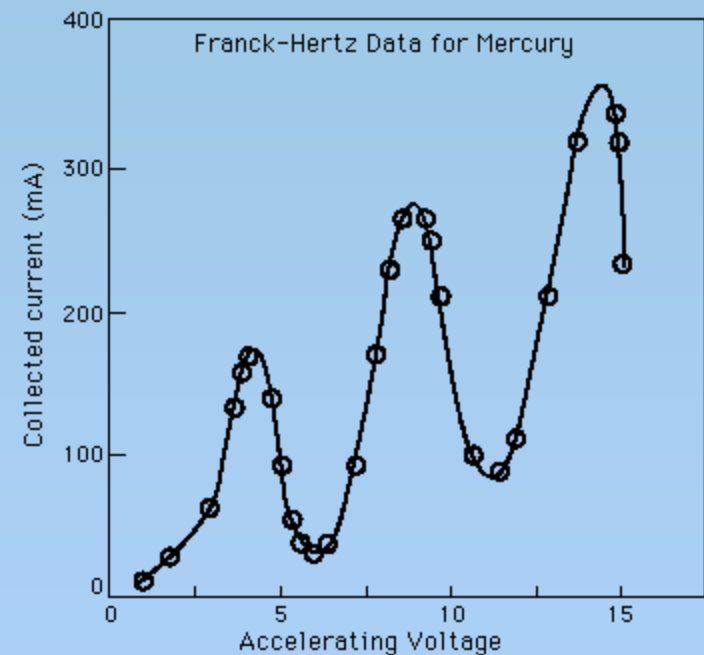
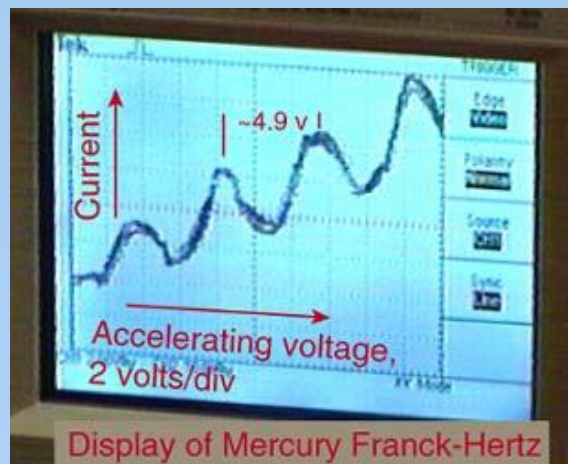
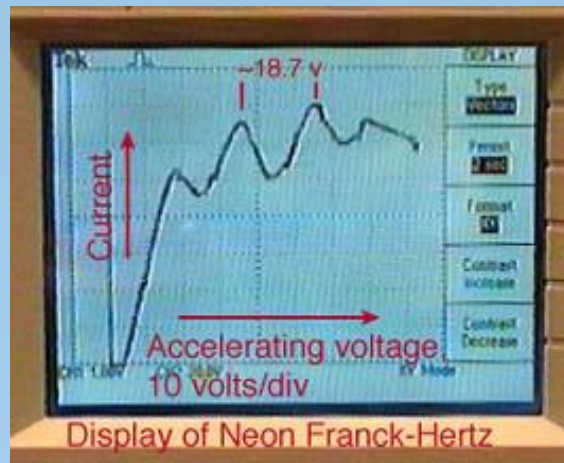
$$h\nu = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2} \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right] = -13.6 \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right] \text{ eV}$$



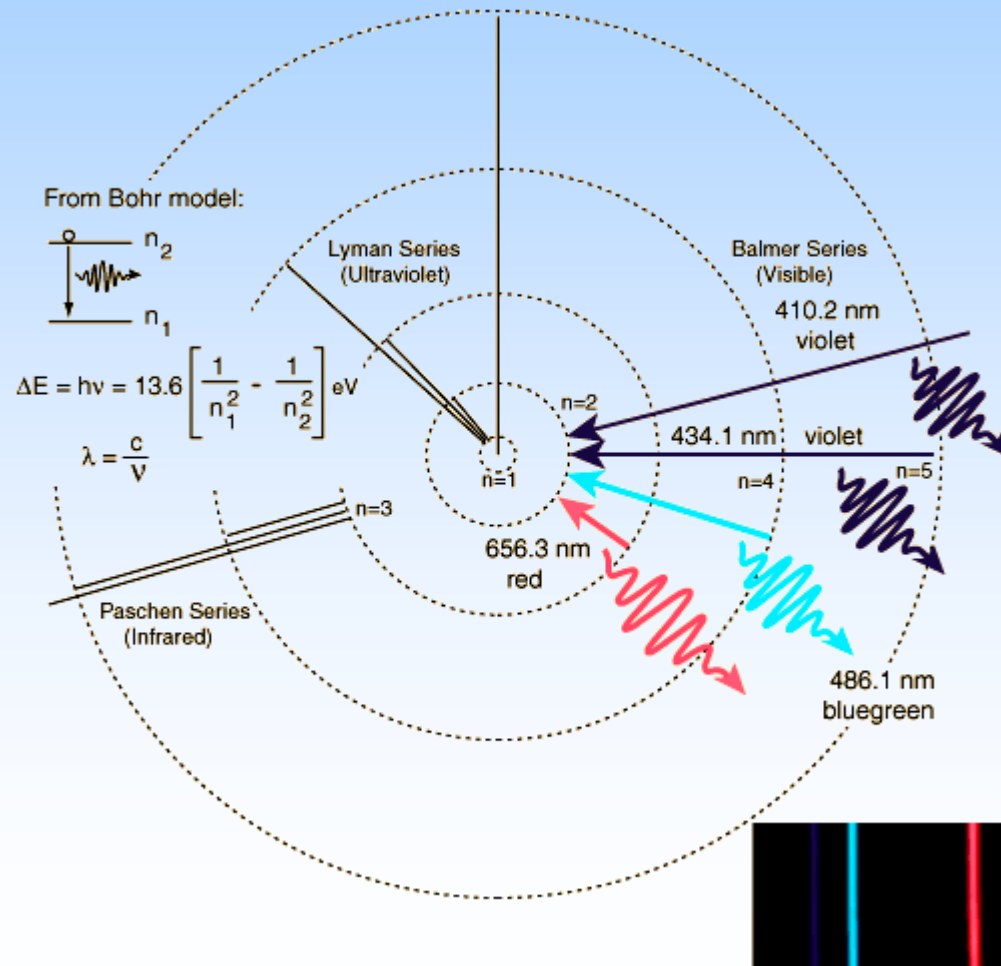
Experimento de Franck-Hertz



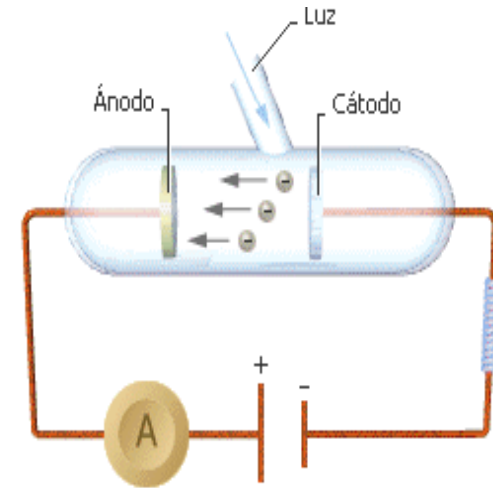
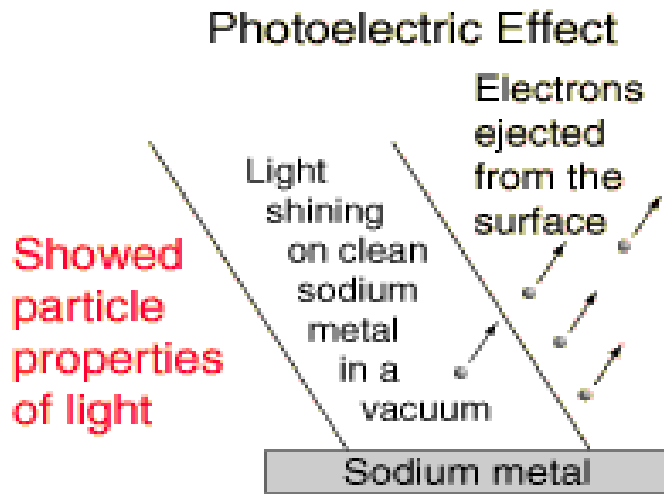
Experimento de Franck-Hertz



Transiciones Electrónicas en el Átomo de Bohr

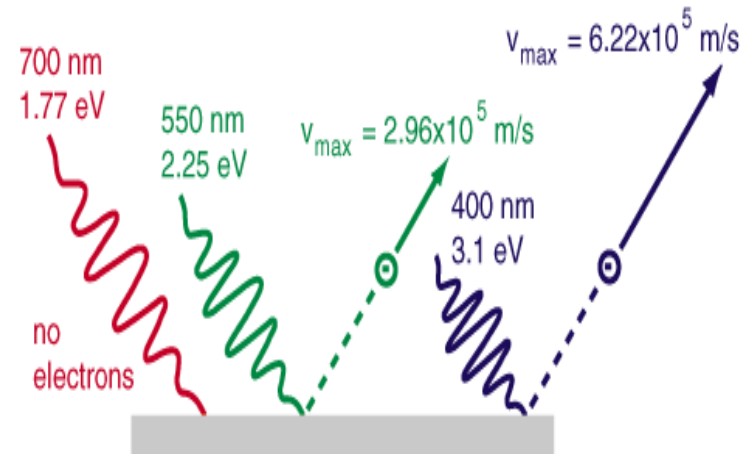


Efecto Fotoeléctrico



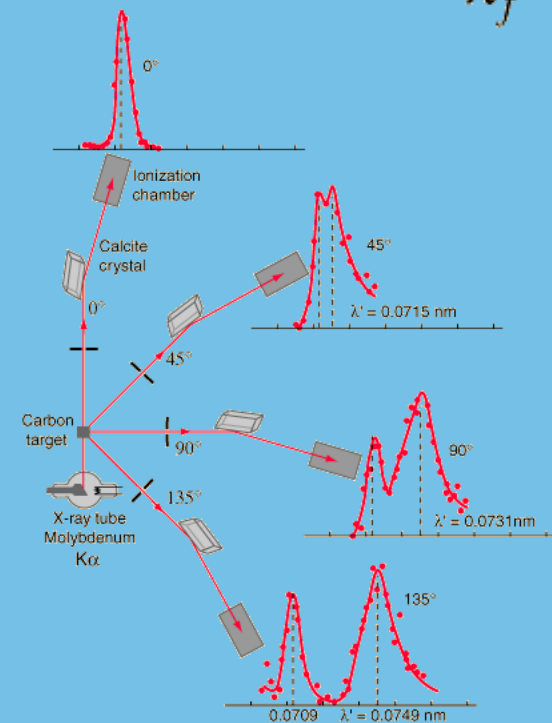
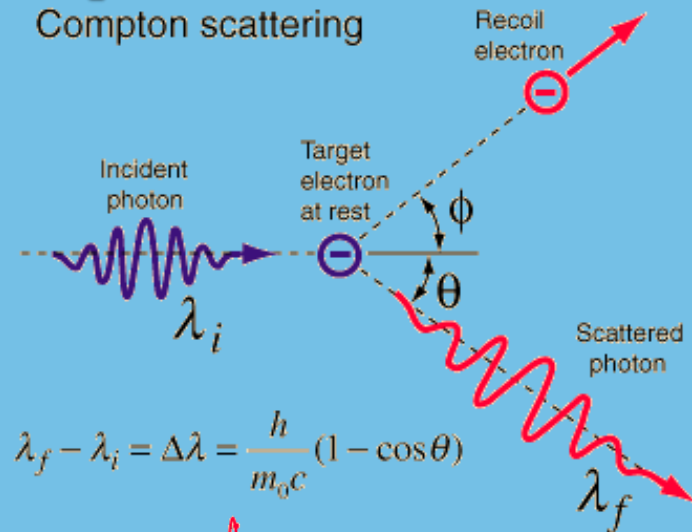
$$h \nu = eV_0$$

$$V_0 = \frac{h}{e} \nu - \frac{\phi}{e}$$



Efecto Compton

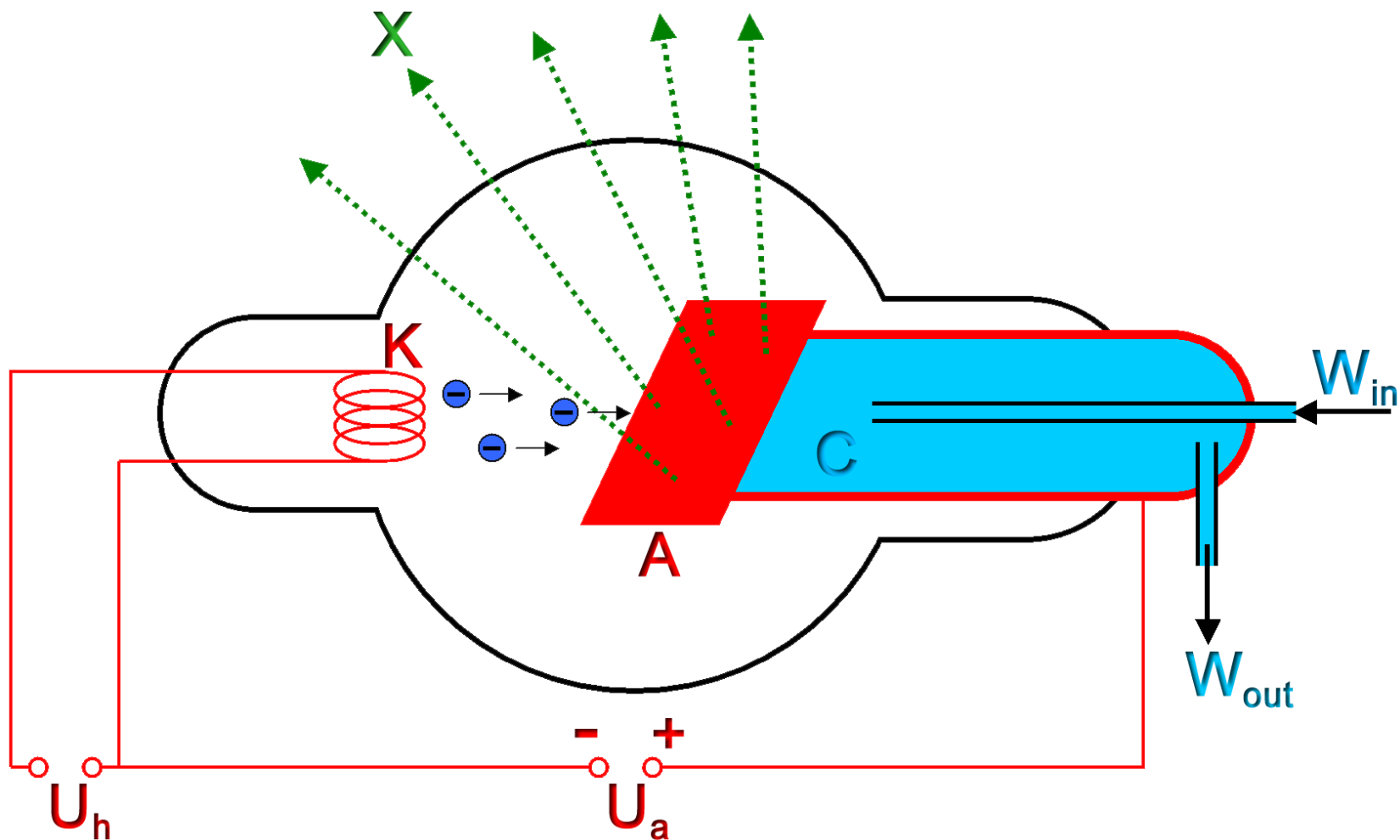
Compton scattering



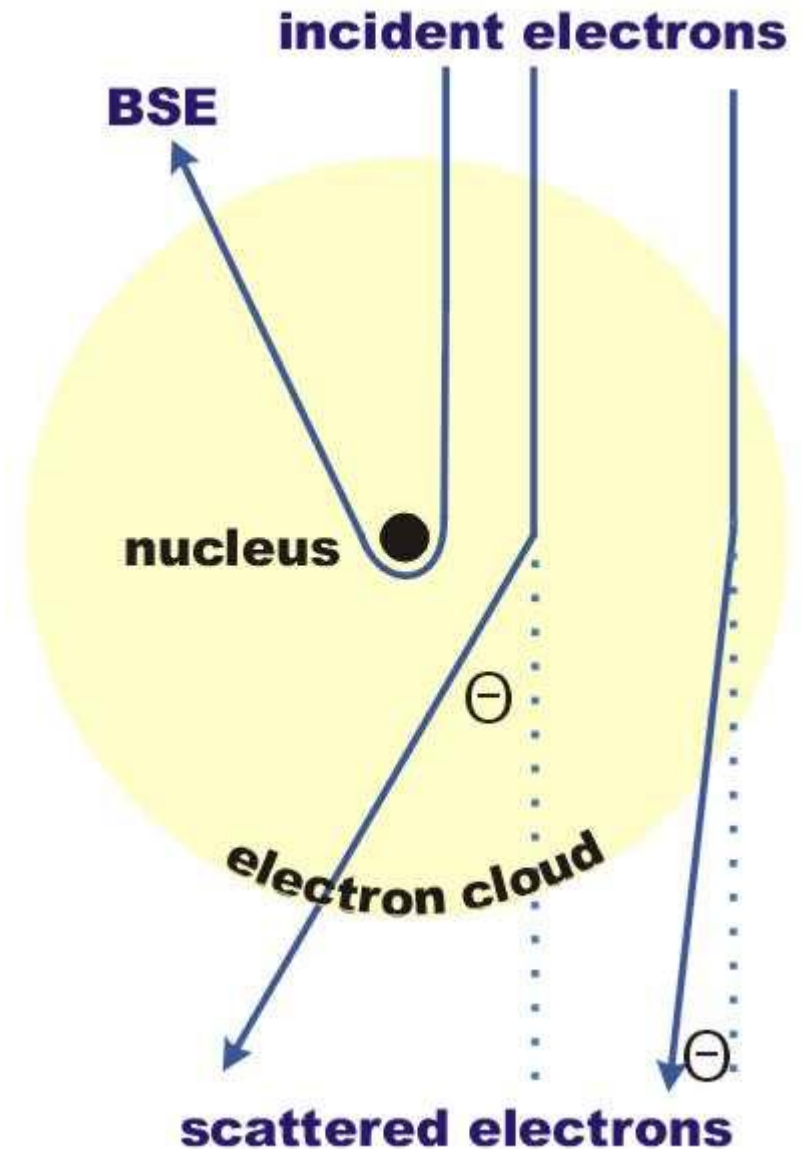
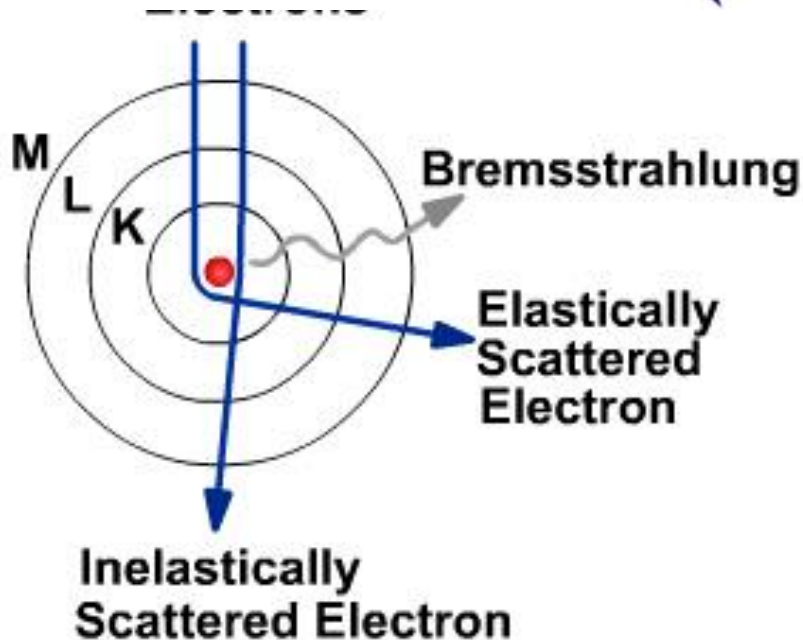
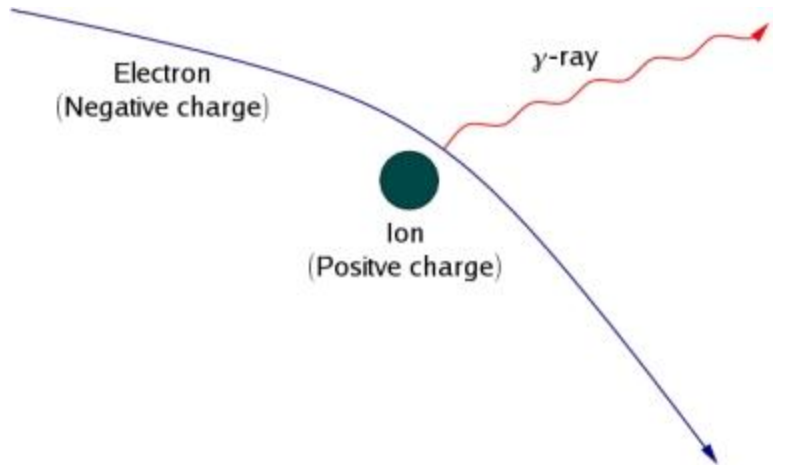
Rayos X



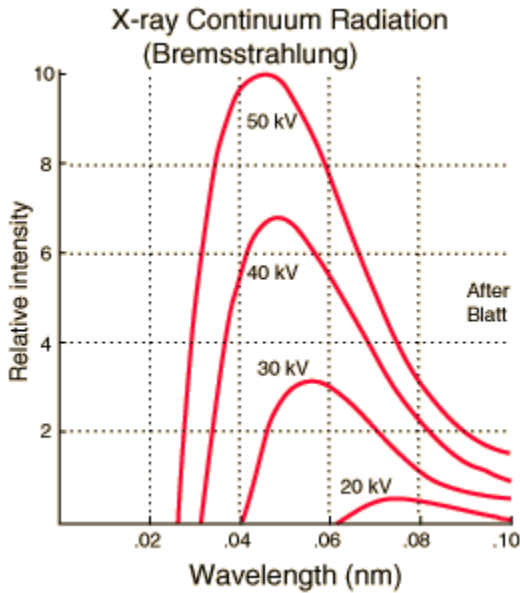
Rayos X



Radiación por frenado

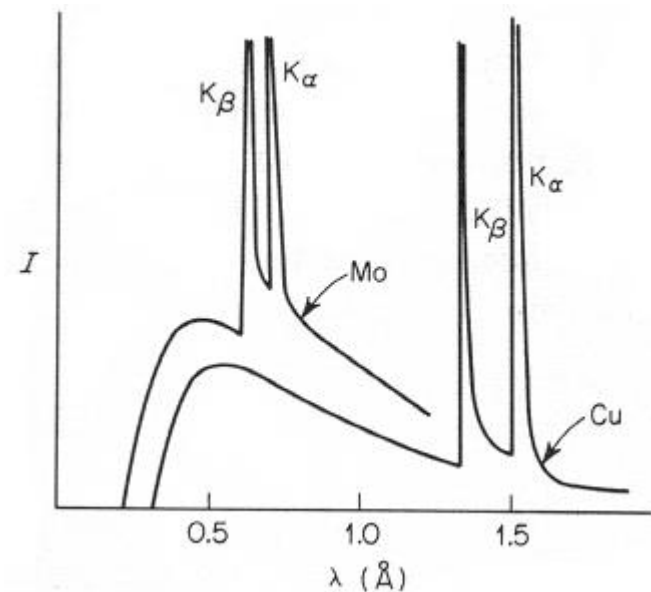
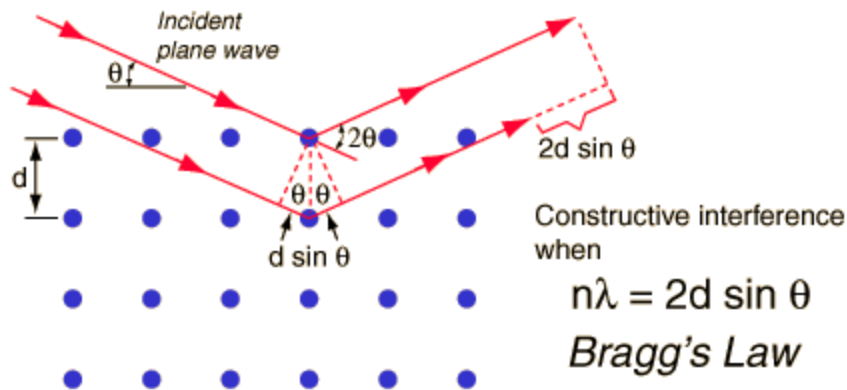


Espectro de Rayos X

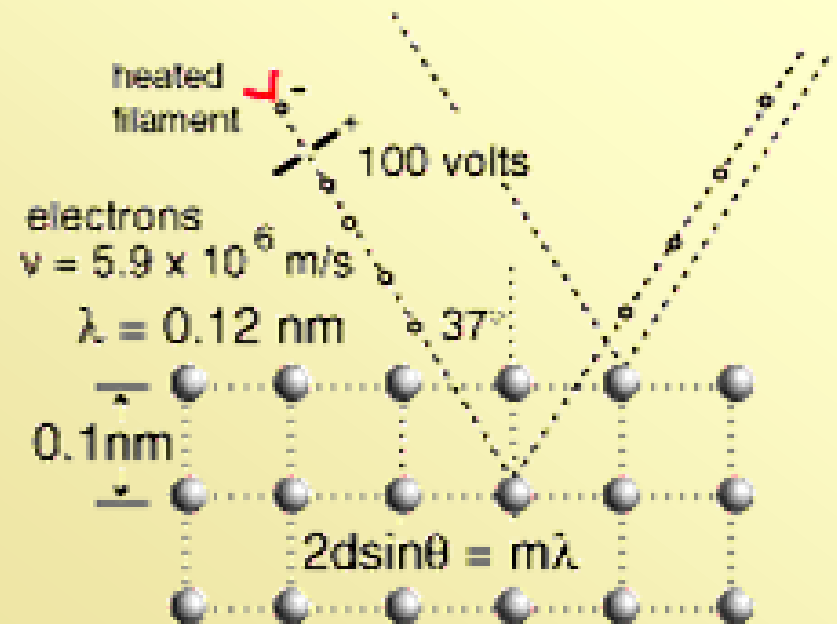


$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV}$$

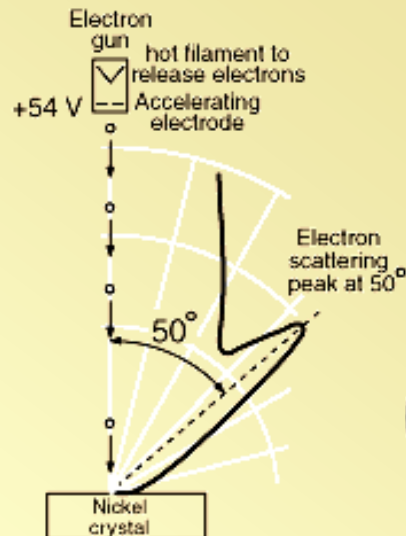
$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV}$$



Difracción de Electrones



Electron Diffraction



Theory

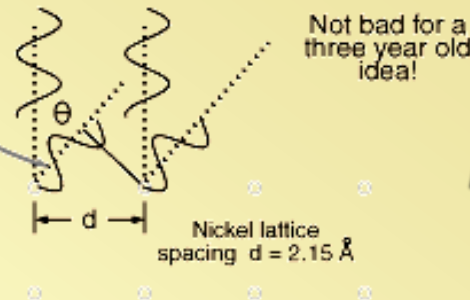
$$\lambda = \frac{h}{mv} = 1.67 \text{ \AA} \text{ for } 54 \text{ V}$$

Experiment

Pathlength difference

$$d \sin \theta = 2.15 \sin 50^\circ = \lambda = 1.65 \text{ \AA}$$

for constructive interference



Experimento de Davisson-Germer

1924

de Broglie's hypothesis

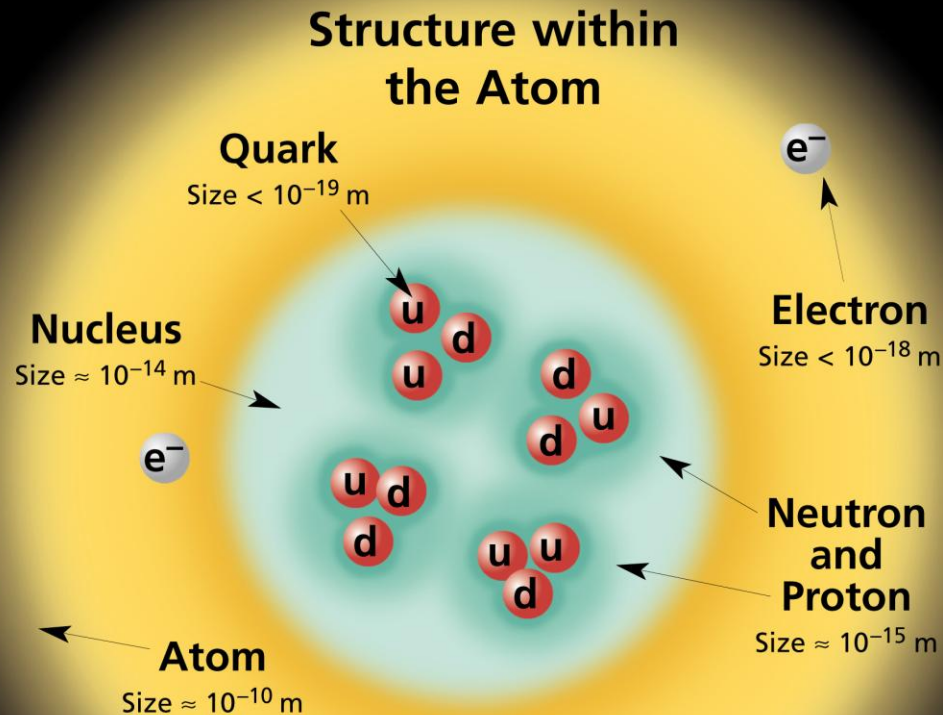
1927

Davisson-Germer experiment

1929

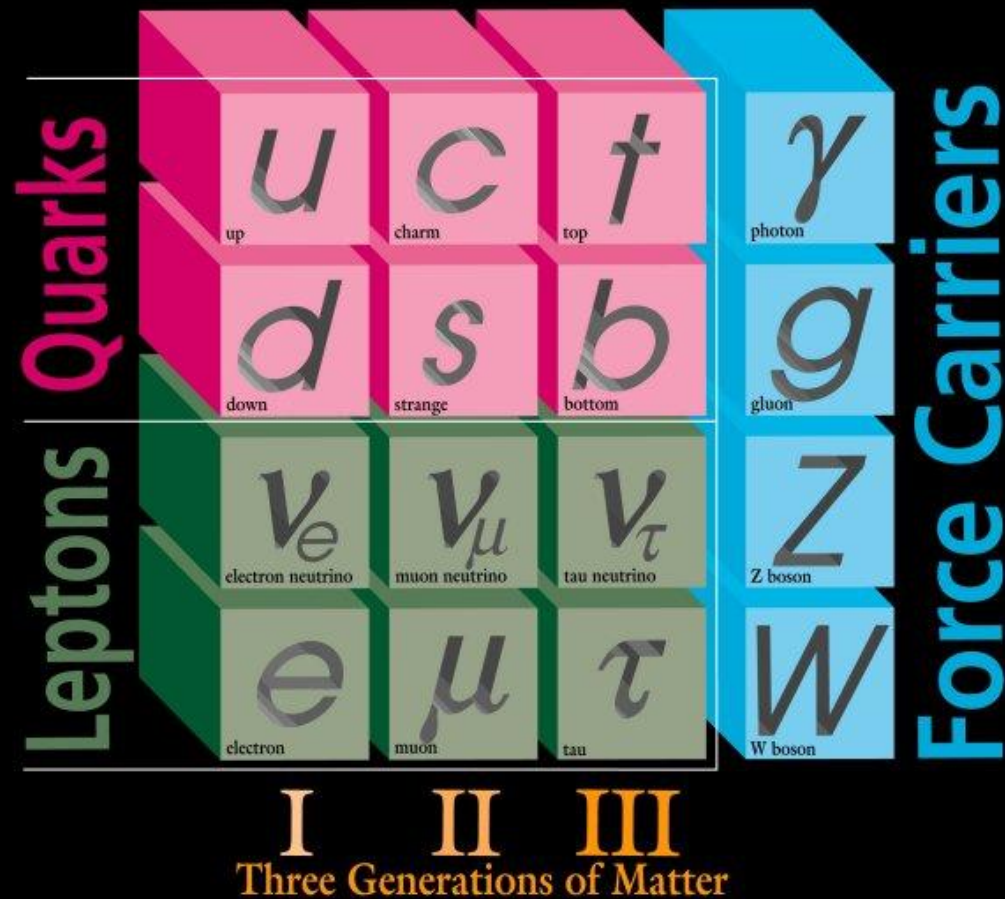
Nobel Prize for de Broglie

Estructura dentro del Átomo



If the protons and neutrons in this picture were 10 cm across, then the quarks and electrons would be less than 0.1 mm in size and the entire atom would be about 10 km across.

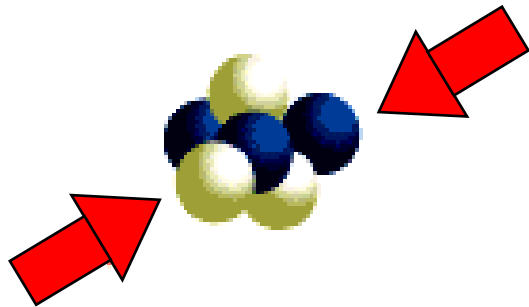
Generaciones de Partículas



Fuerzas Fundamentales

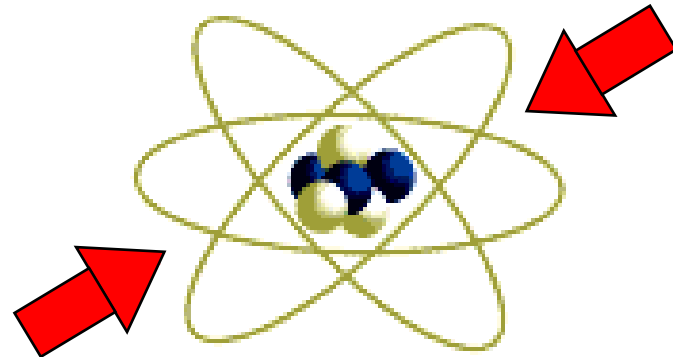
FUERZA NUCLEAR FUERTE

Partícula de intercambio: gluón
Acción: mantiene unido el núcleo atómico



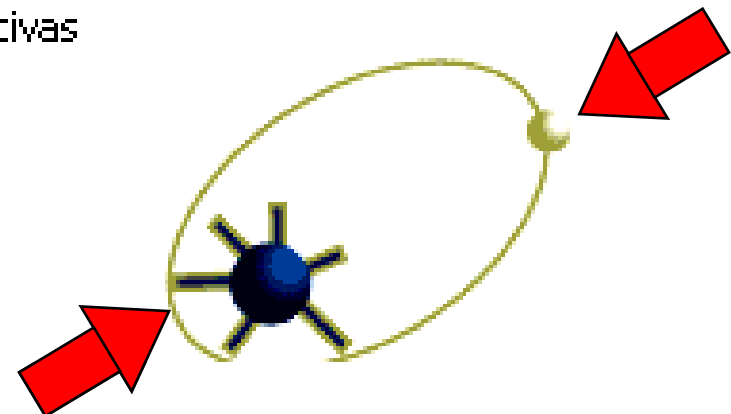
FUERZA ELECTROMAGNÉTICA

Partícula de intercambio: fotón
Acción: mantiene el átomo unido



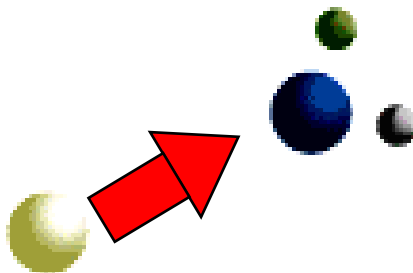
FUERZA GRAVITATORIA

Partícula de intercambio: gravitón
Acción: rige el movimiento de los planetas

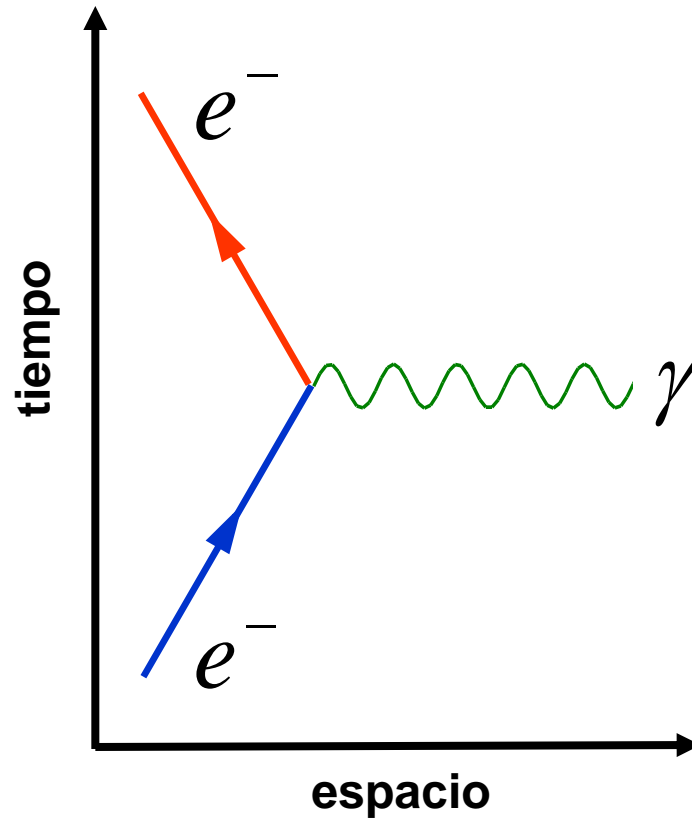


FUERZA NUCLEAR DÉBIL

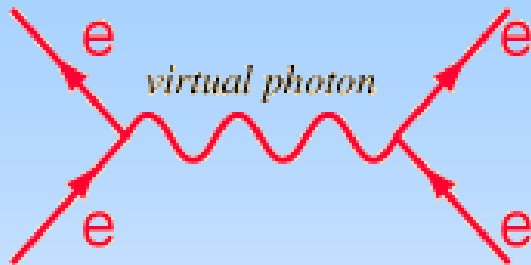
Partícula de intercambio: partículas W^{\pm} y Z^0
Acción: provoca desintegraciones radiactivas



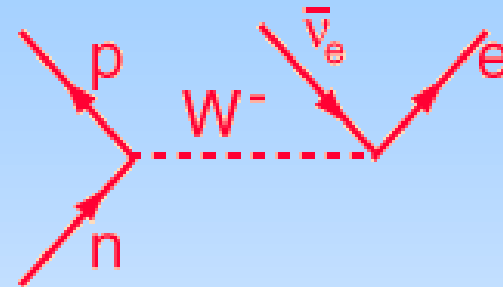
Diagramas de Feynman



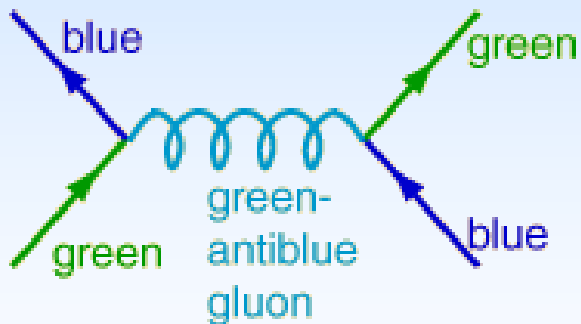
Interacciones



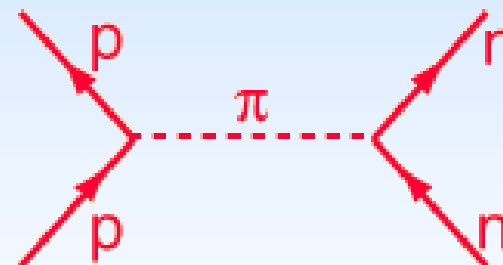
Electromagnetic



Weak



between quarks



between nucleons

Strong Interaction

Lagrangiano en QFT

- Quantum Electrodynamics: electromagnetism in QFT

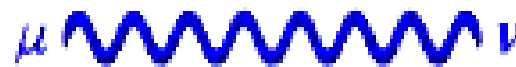
$$L = \bar{\psi} (i \gamma^\mu \partial_\mu - m) \psi - \frac{1}{4} (\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu)^2 - e \bar{\psi} \gamma^\mu \psi A_\mu$$

Electron “propagator”



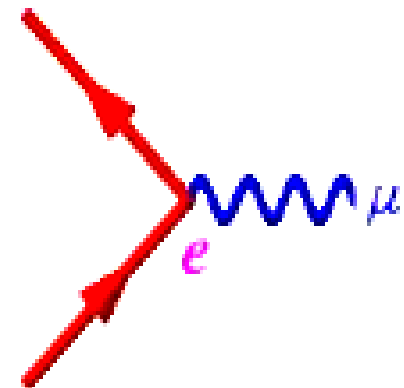
$$\bar{\psi} (i \gamma^\mu \partial_\mu - m) \psi$$

Photon “propagator”



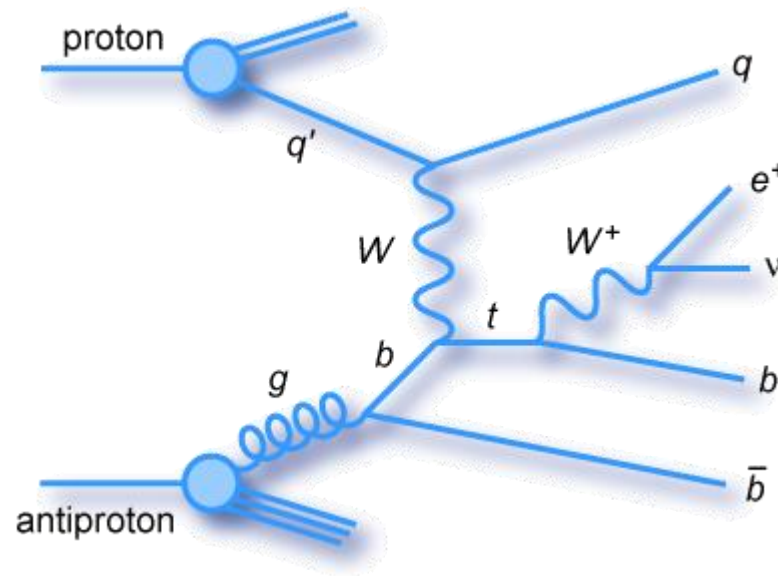
$$- \frac{1}{4} (\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu)^2$$

Interaction “vertex”

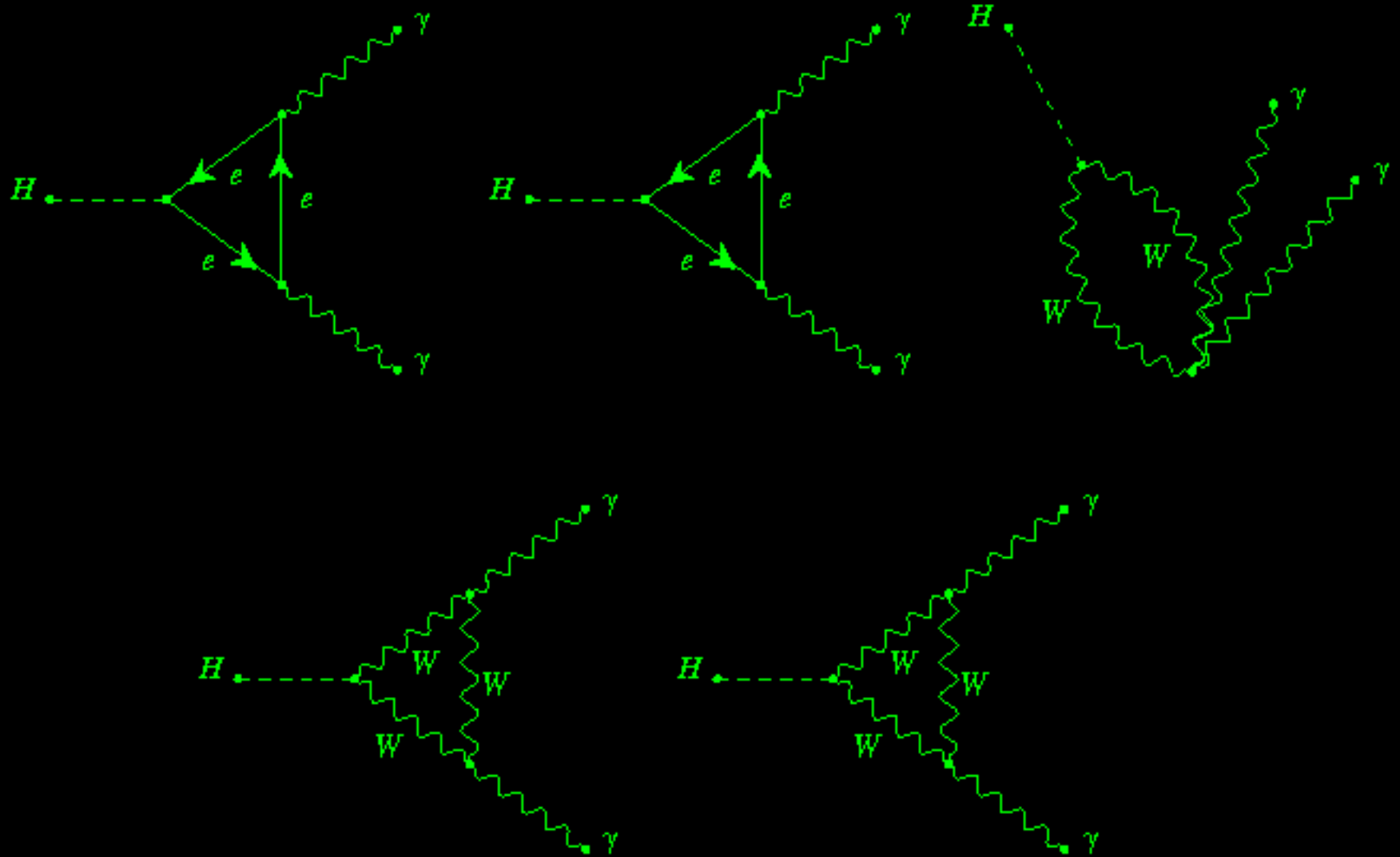


$$- e \bar{\psi} \gamma^\mu \psi A_\mu$$

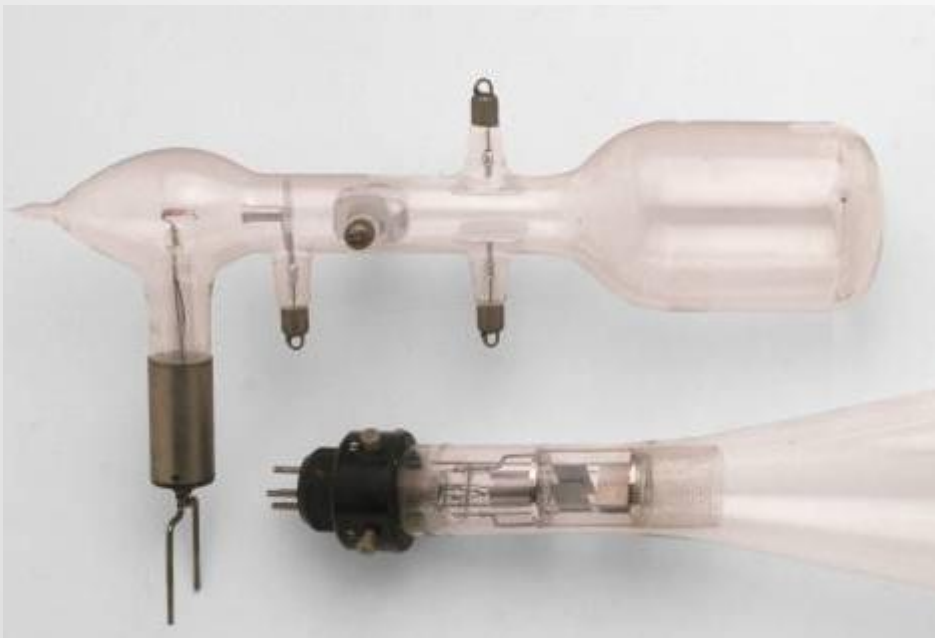
Representación en Diagramas de Feynman de una colisión



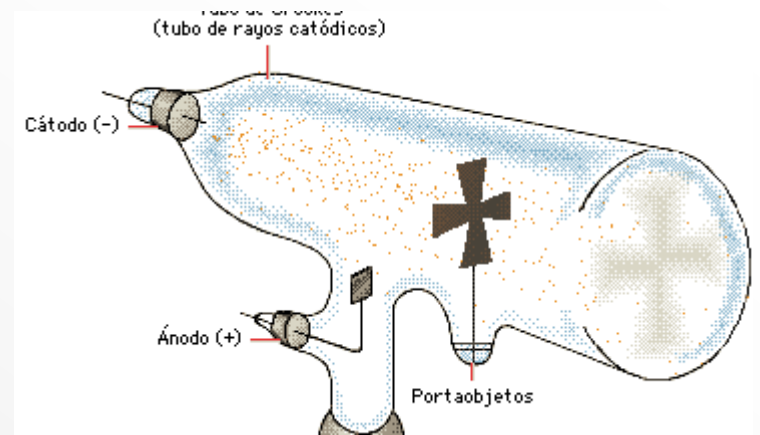
Decaimientos del Higgs



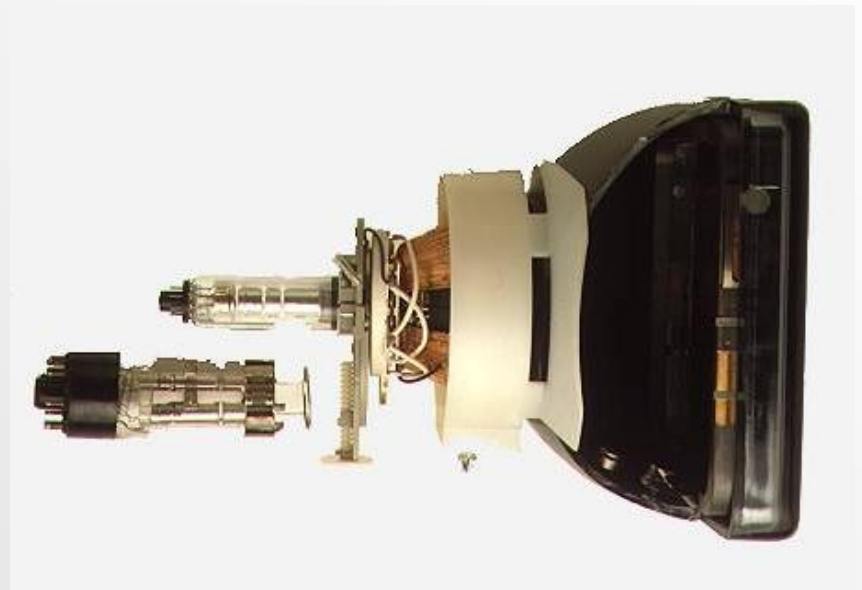
Tubos de Rayos Catódicos



En la ilustración puede verse (arriba) el tubo de rayos catódicos construido por el físico alemán Ferdinand Braun en 1897; tiene una fuente de electrones a la izquierda y dos placas metálicas empleadas para desviar el haz de electrones. El primer tubo de televisión en color (abajo) fue construido en 1953. Cuenta con tres fuentes de haces de electrones, una para cada color: azul, verde y rojo.



Tubo de Crookes



La televisión utiliza tubos de rayos catódicos en los receptores. La Sony Corporation patentó a finales de la década de 1960 el sistema simplificado Trinitrón.

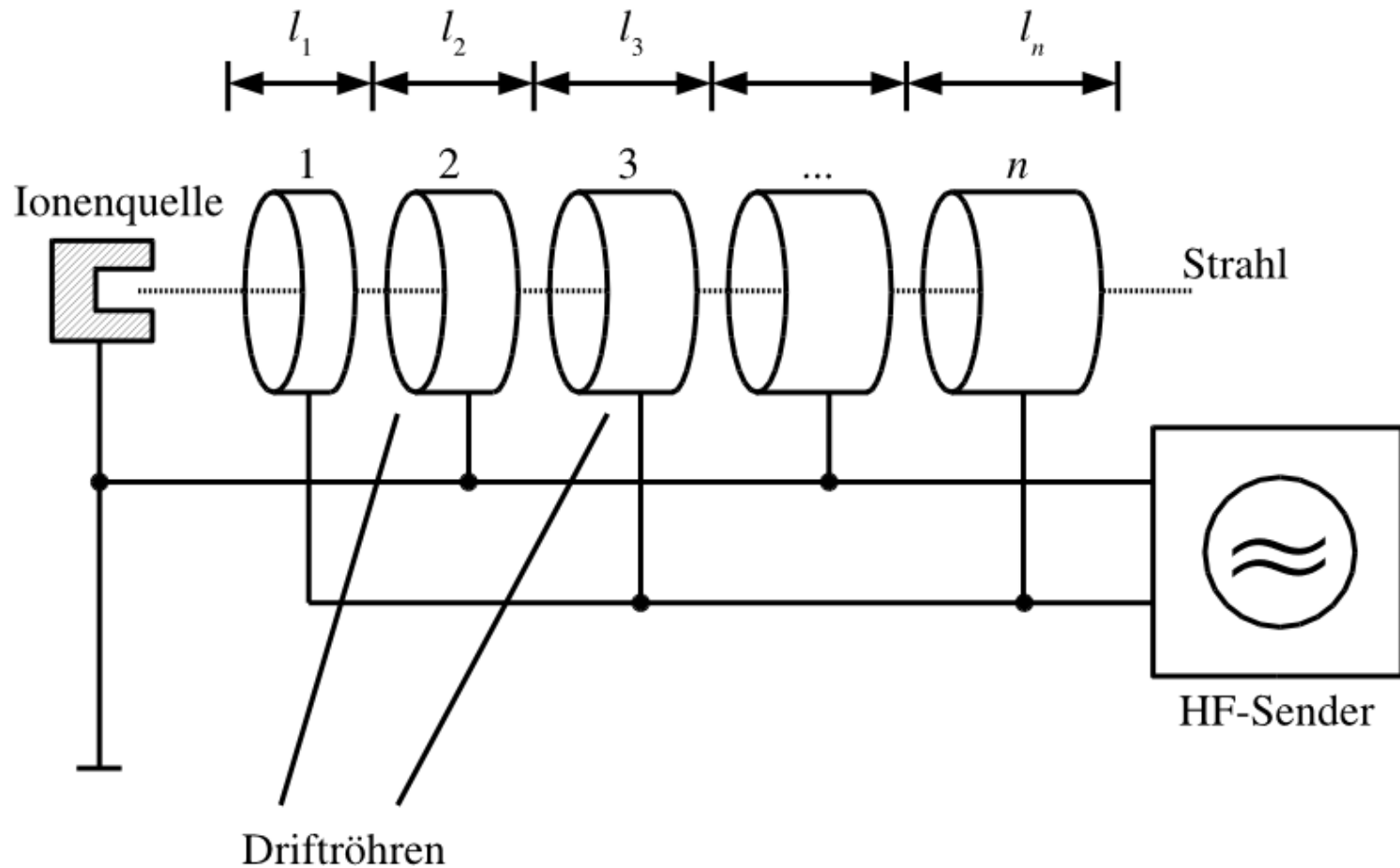
***Acelerador lineal de Van de Graaf de
una sola etapa de 2 MeV***





En los aceleradores de partículas más antiguos se usaba un Generador de Cockcroft-Walton para la amplificación del voltaje. Esta pieza del acelerador ayudó al desarrollo de la bomba atómica. Construido en 1937 por Philips de Eindhoven, se encuentra actualmente en el museo de ciencias naturales de Londres (Inglaterra)

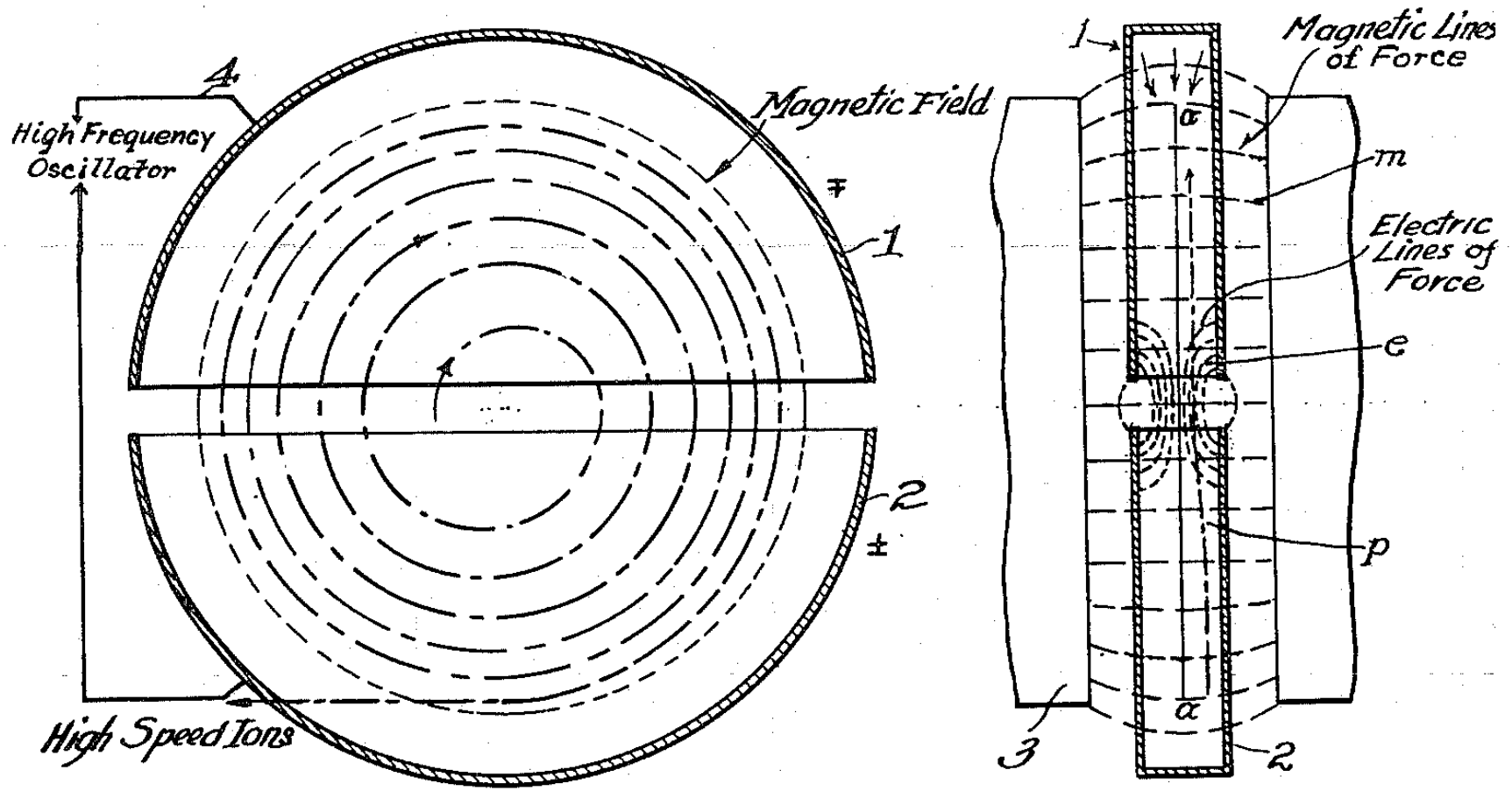
Acelerador Lineal



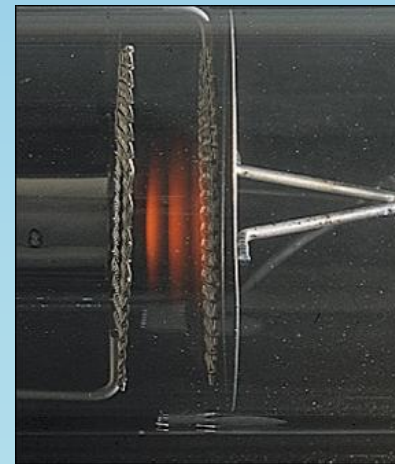
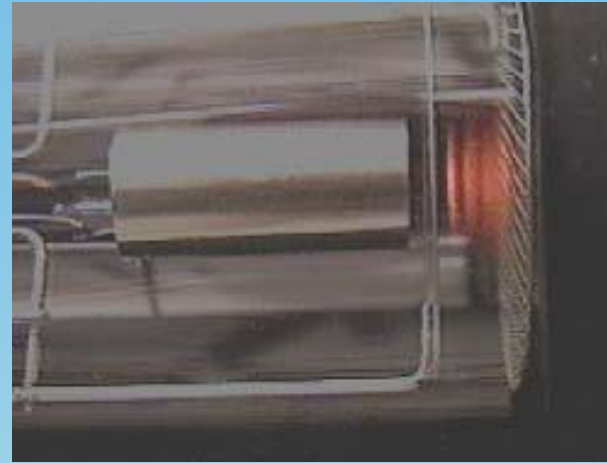


***Acelerador lineal de
partículas en el Argonne
National Laboratory***

Acelerador Circular



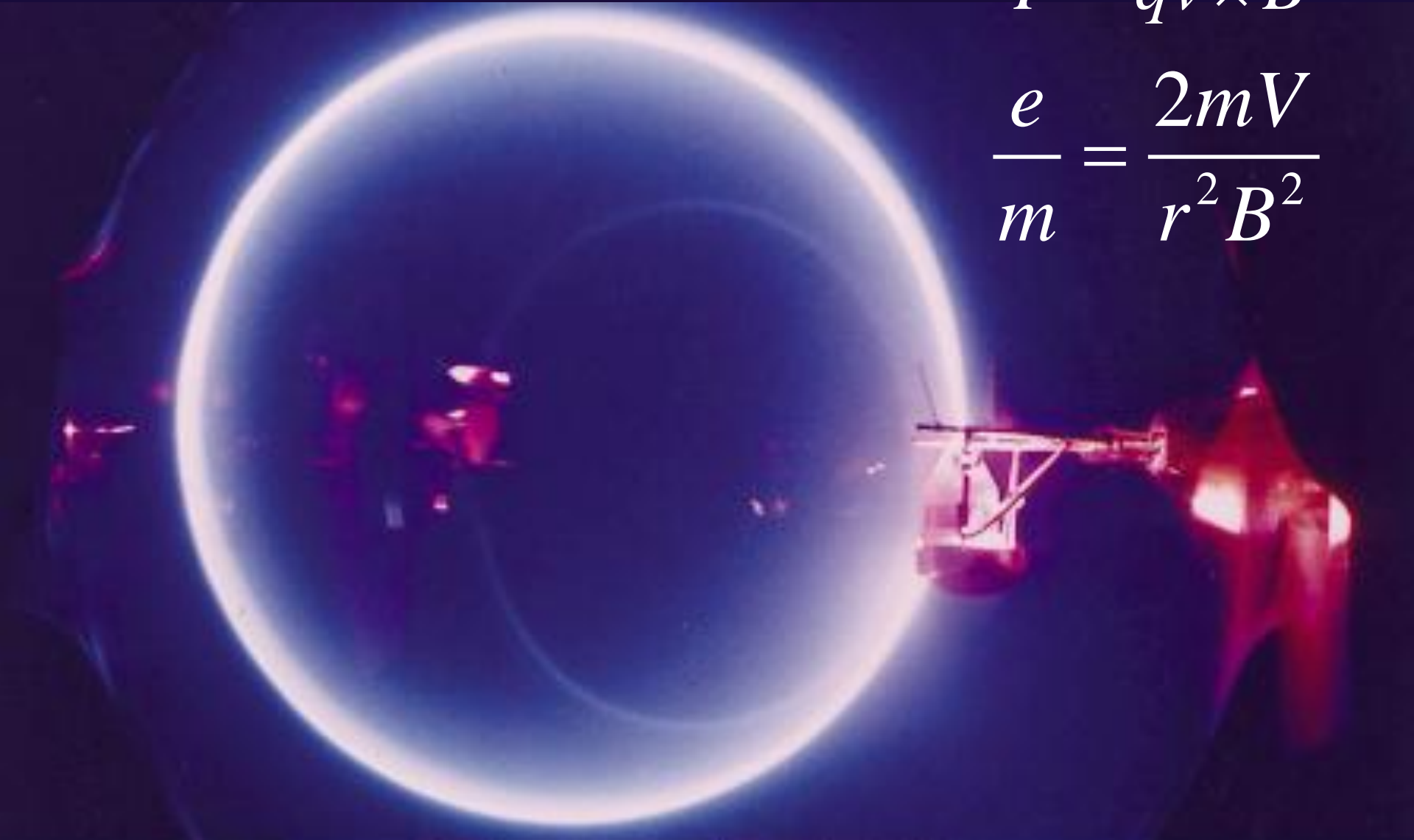
Partícula cargada dentro de un campo magnético

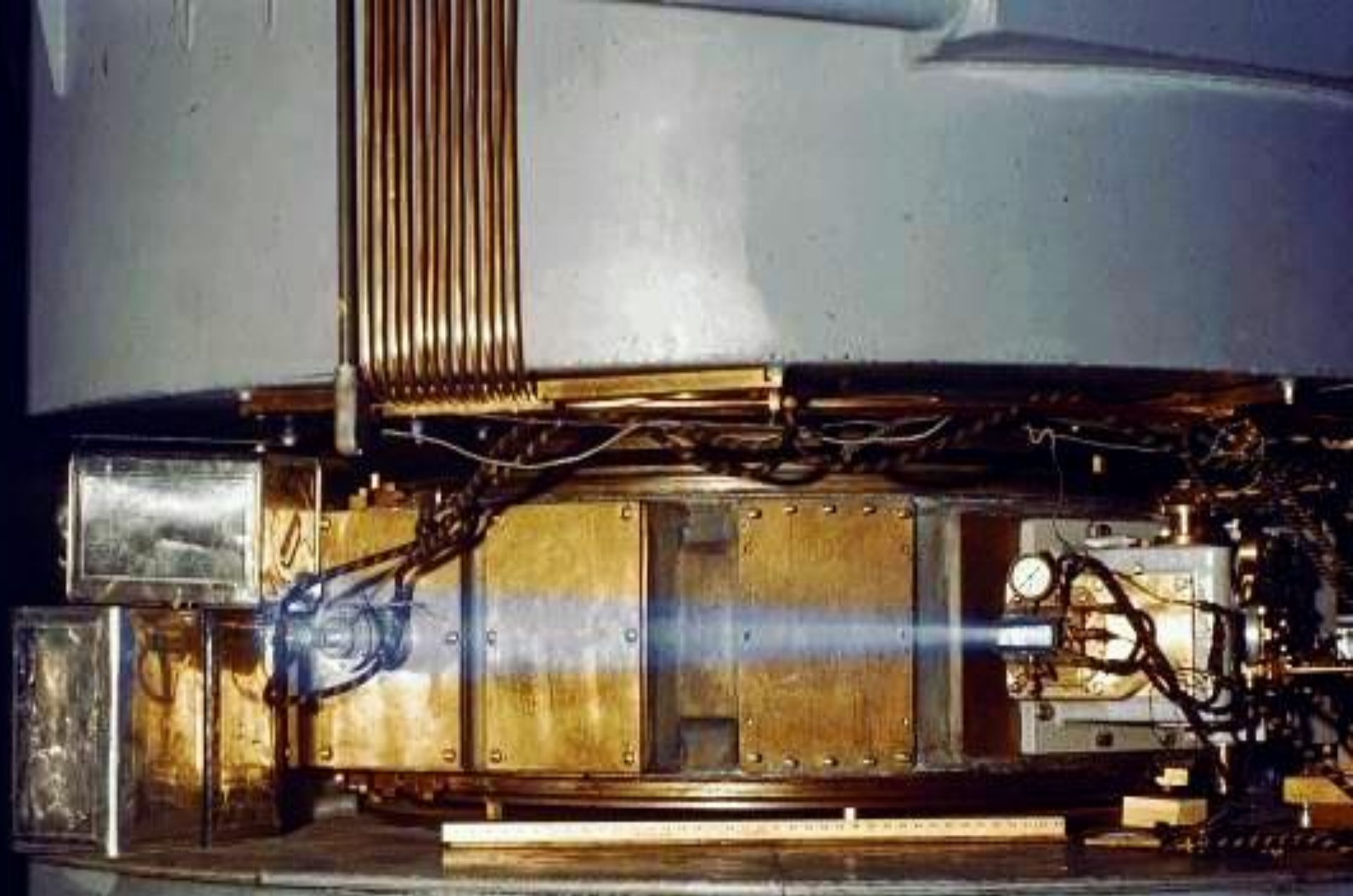


Electrones dentro de un campo magnético

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

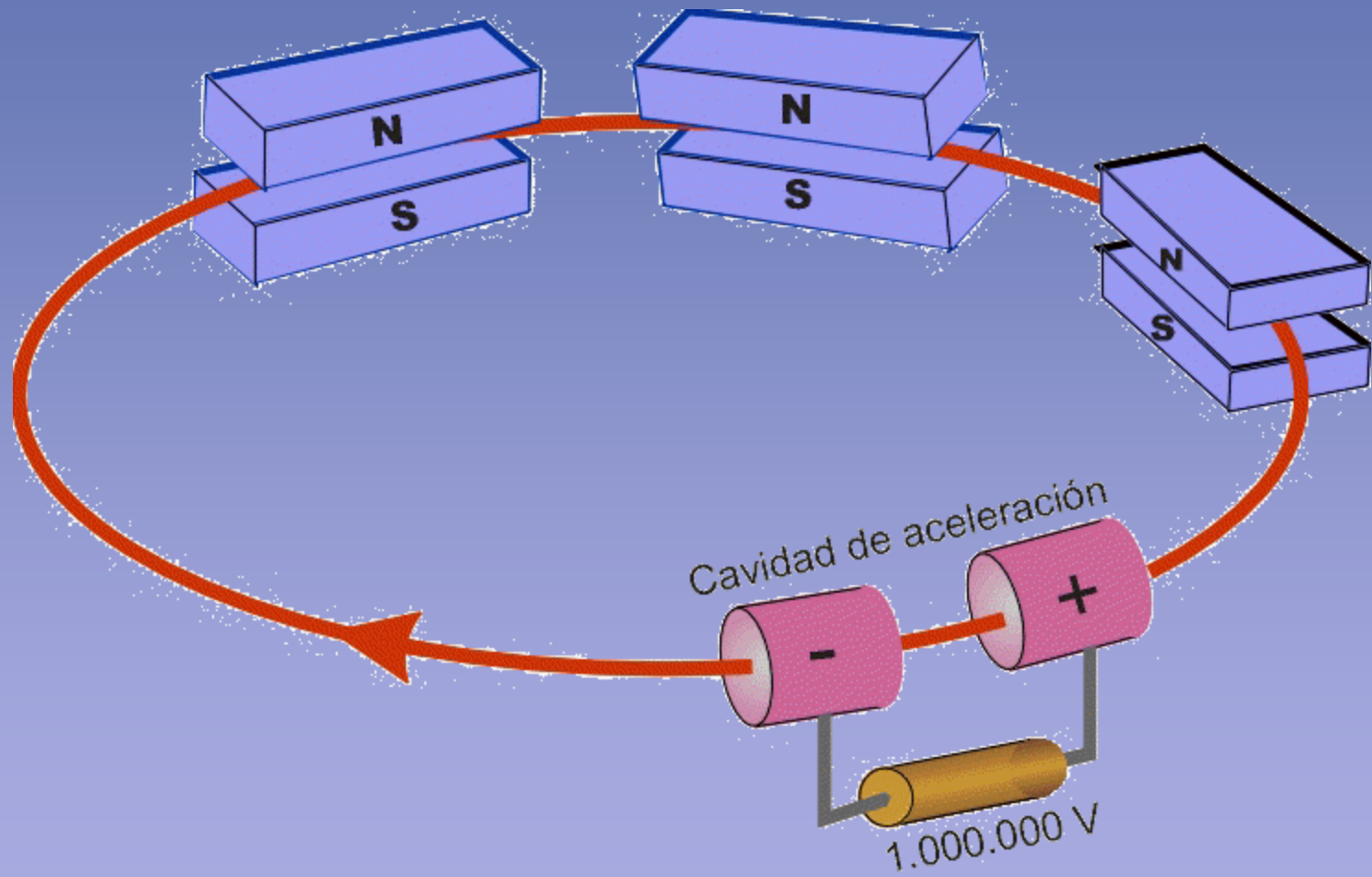
$$\frac{e}{m} = \frac{2mV}{r^2 B^2}$$



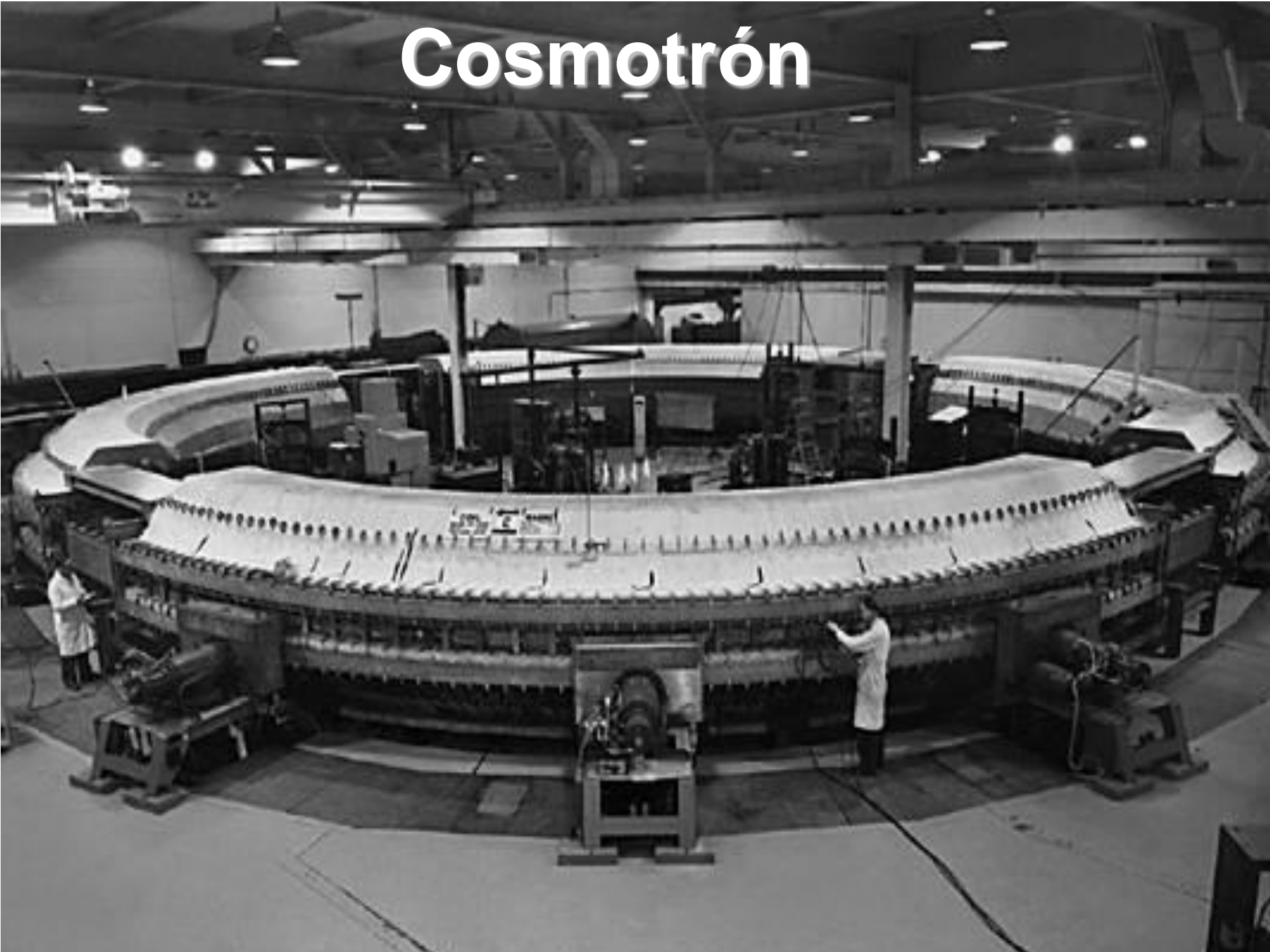


Ciclotrón de 60 pulgadas, datado en 1939.

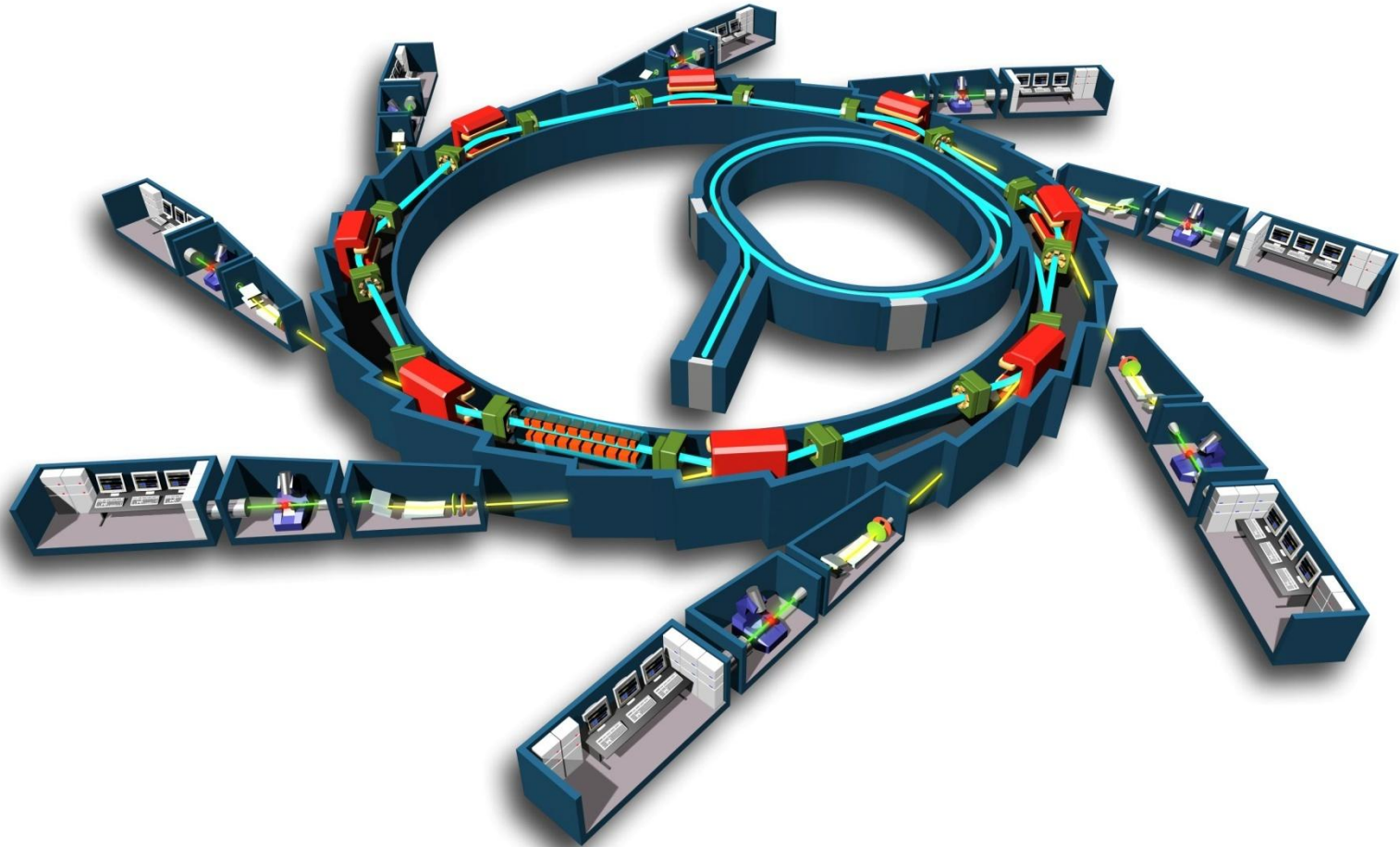
Ciclotrón

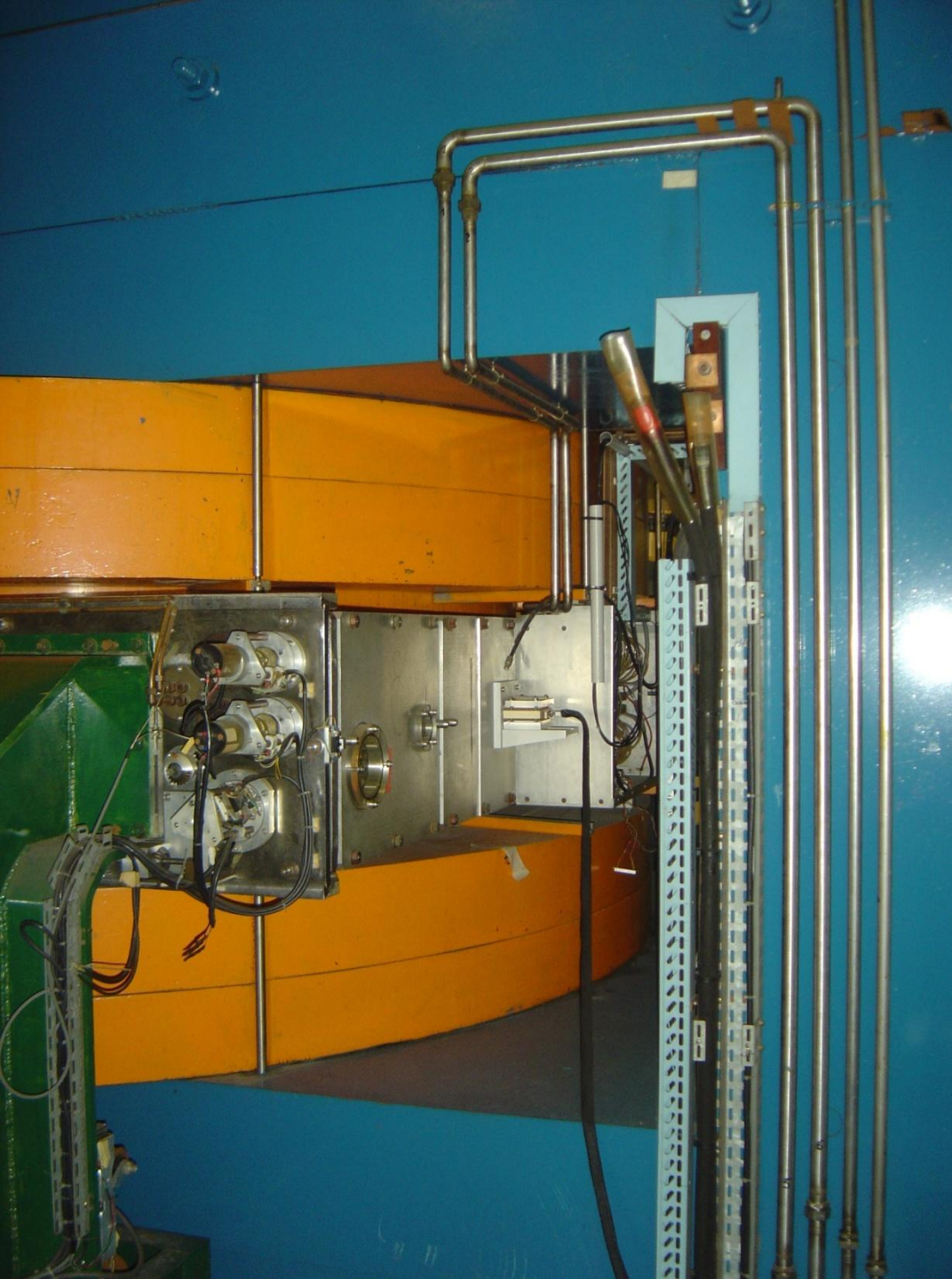


Cosmotrón

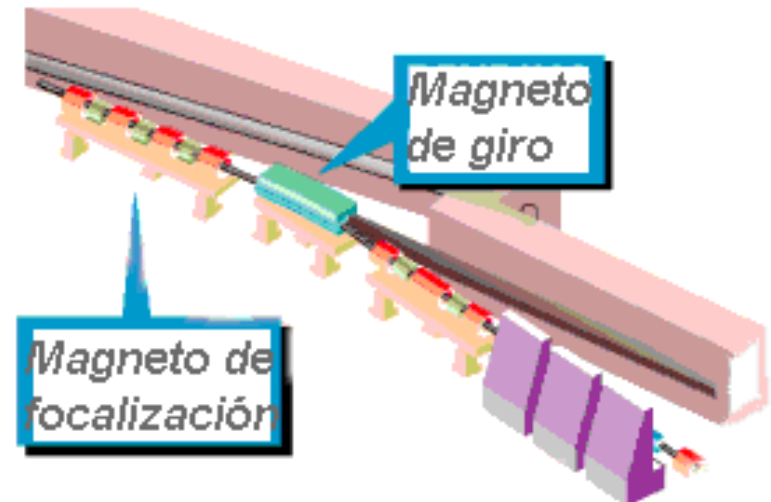
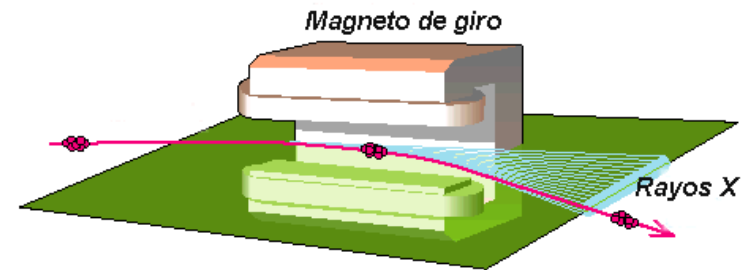


Esquema de un Sincrotrón





Electroimán del Sincrociclotrón



Imán para el LHC



Aceleradores de Partículas CERN

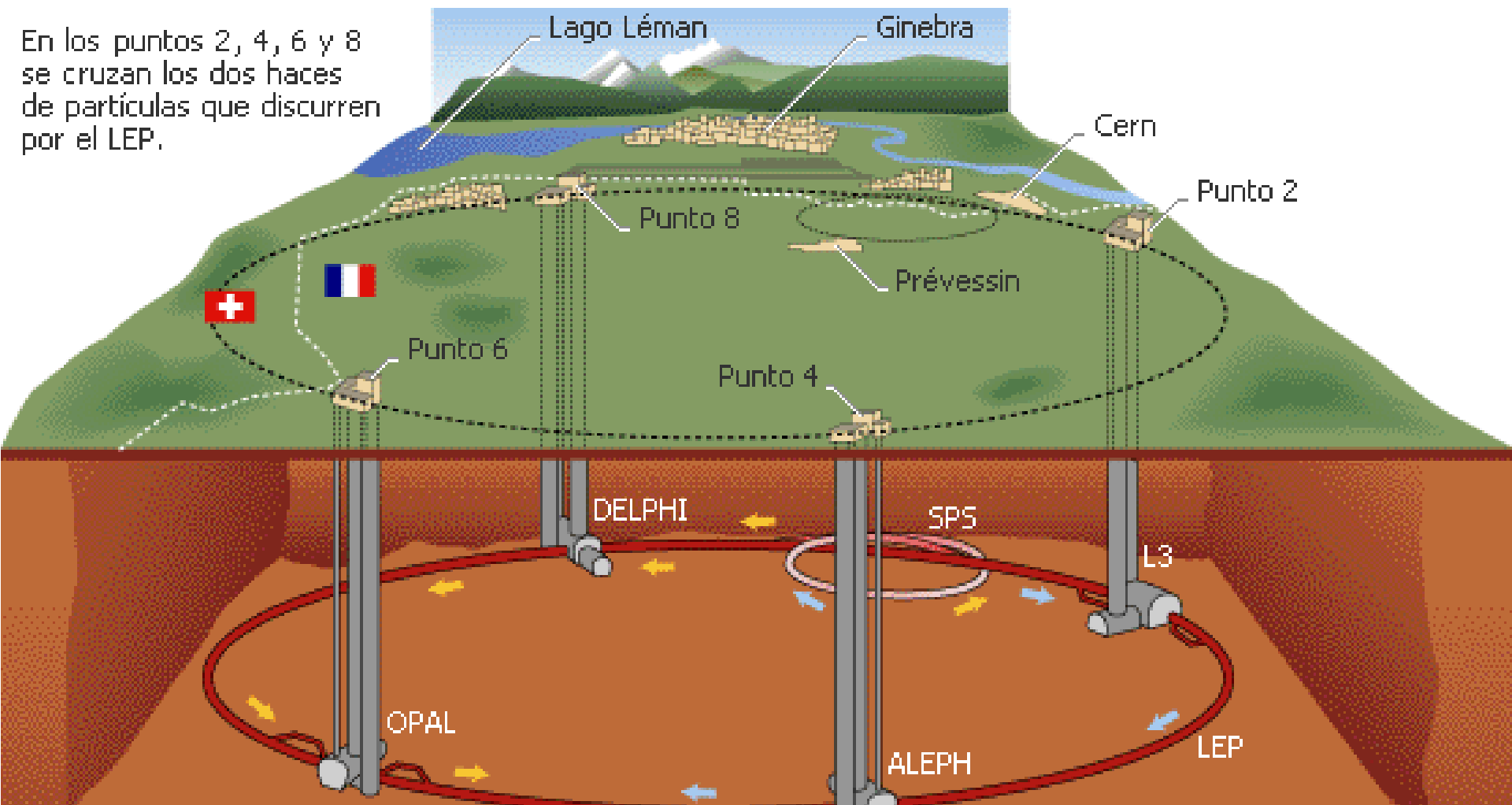


Imagen aérea del Fermilab (Chicago), uno de los aceleradores más grandes del mundo Ciclotrón de 60 pulgadas, datado en 1939.

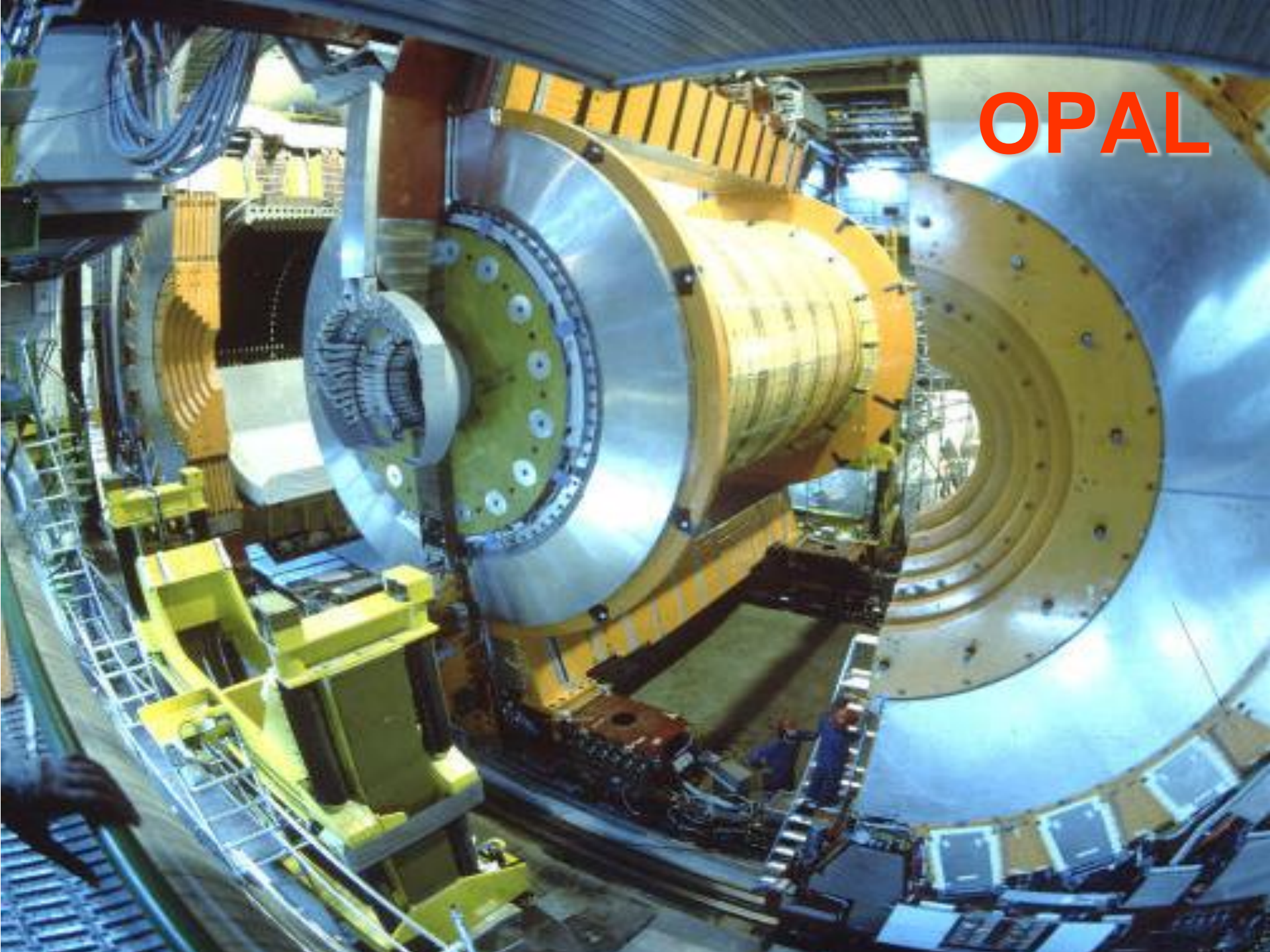


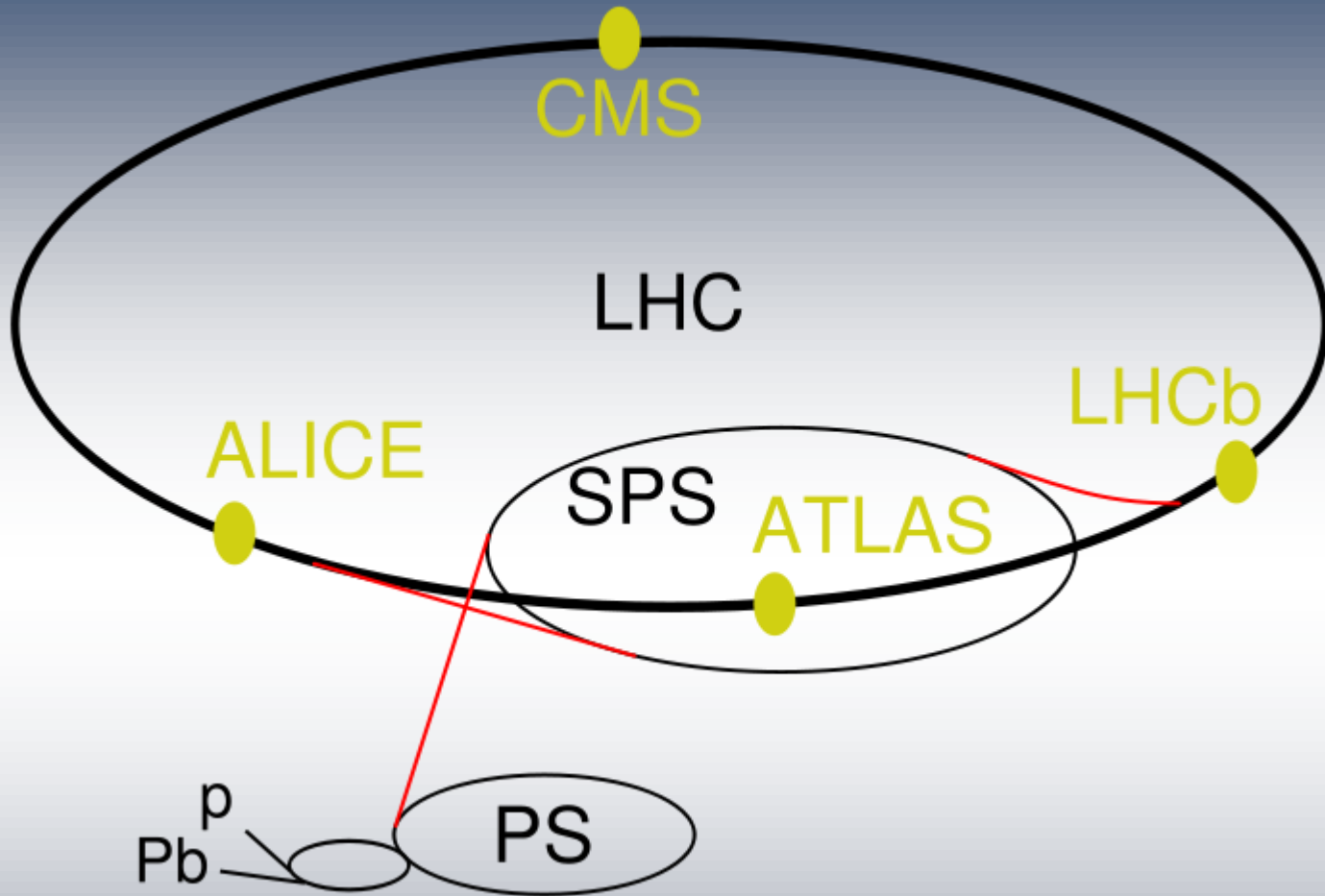
Acelerador LEP

En los puntos 2, 4, 6 y 8 se cruzan los dos haces de partículas que discurren por el LEP.




OPAL





Cadena de aceleradores del Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

A perspective view down a long, industrial tunnel. On the left, a large, polished metal pipe runs horizontally. Above it, a yellow pulley is visible. The ceiling is supported by a complex network of metal beams and pipes. On the right, a series of orange industrial vehicles, including a MAFI truck with a large black cylindrical tank, are parked or moving along the tunnel. The floor is concrete, and the walls are white. The lighting is bright and even.

*Túnel del antiguo LEP del
CERN donde se encuentra
en este momento el LHC, el
mayor colisionador de
hadrones del mundo*

LHC en el túnel LEP



Detectores

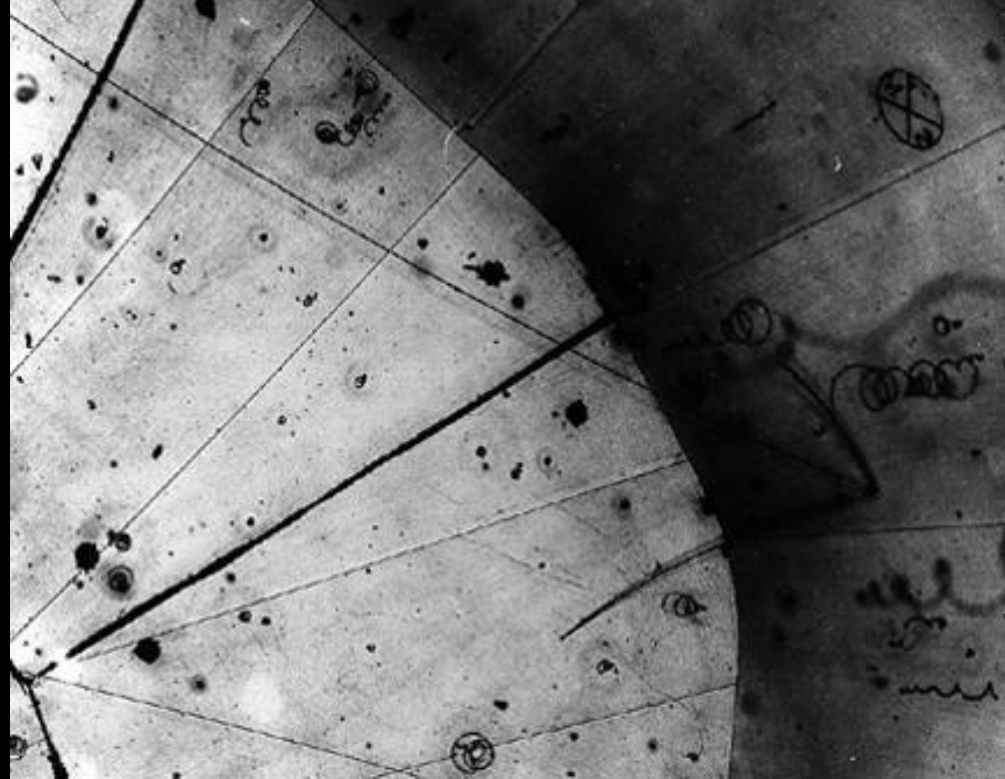
- Calorímetro
- Cámara de burbujas
- Cámara de flujo
- Cámara de niebla
- Cámara de proyección de tiempo
- Cámara gaseosa de microestructura
- Cámara proporcional de multihilos
- Contador de escintilación
- Detector Cherenkov
- Detectores de ionización gaseosa
- Detector de tiempo de vuelo
- Detector de transición de radiación
- Detector RICH
- Detector semiconductor
- Dosímetro
- Electroscopio
- Fotodiodo
- Fotomultiplicador
- Placa fotográfica



*Descubrimiento del positrón en
1932 por Carl D. Anderson en la
cámara de niebla*



Primeras líneas observadas en la cámara de burbujas basada en hidrógeno líquido.

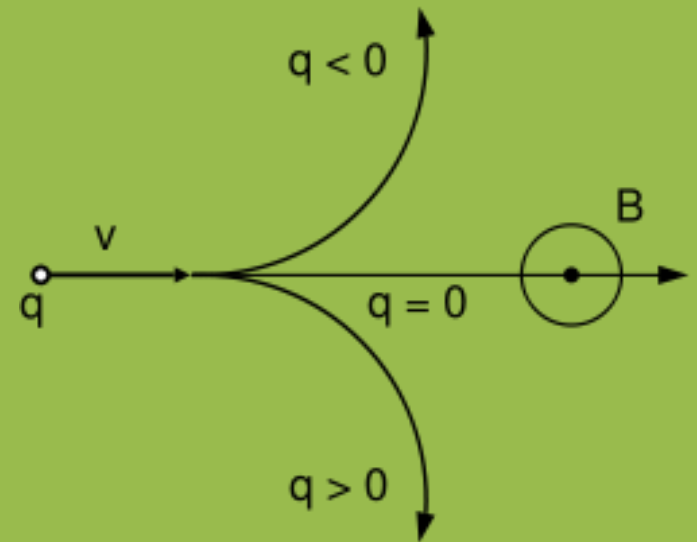


Primera observación de un neutrino en una cámara de burbujas, noviembre 1970. El neutrino incidente golpea un protón (a la derecha en la foto). El neutrino se transforma en un mesón mu (la larga traza en medio de la foto). La traza corta es el protón. La tercera traza es de un mesón pi.

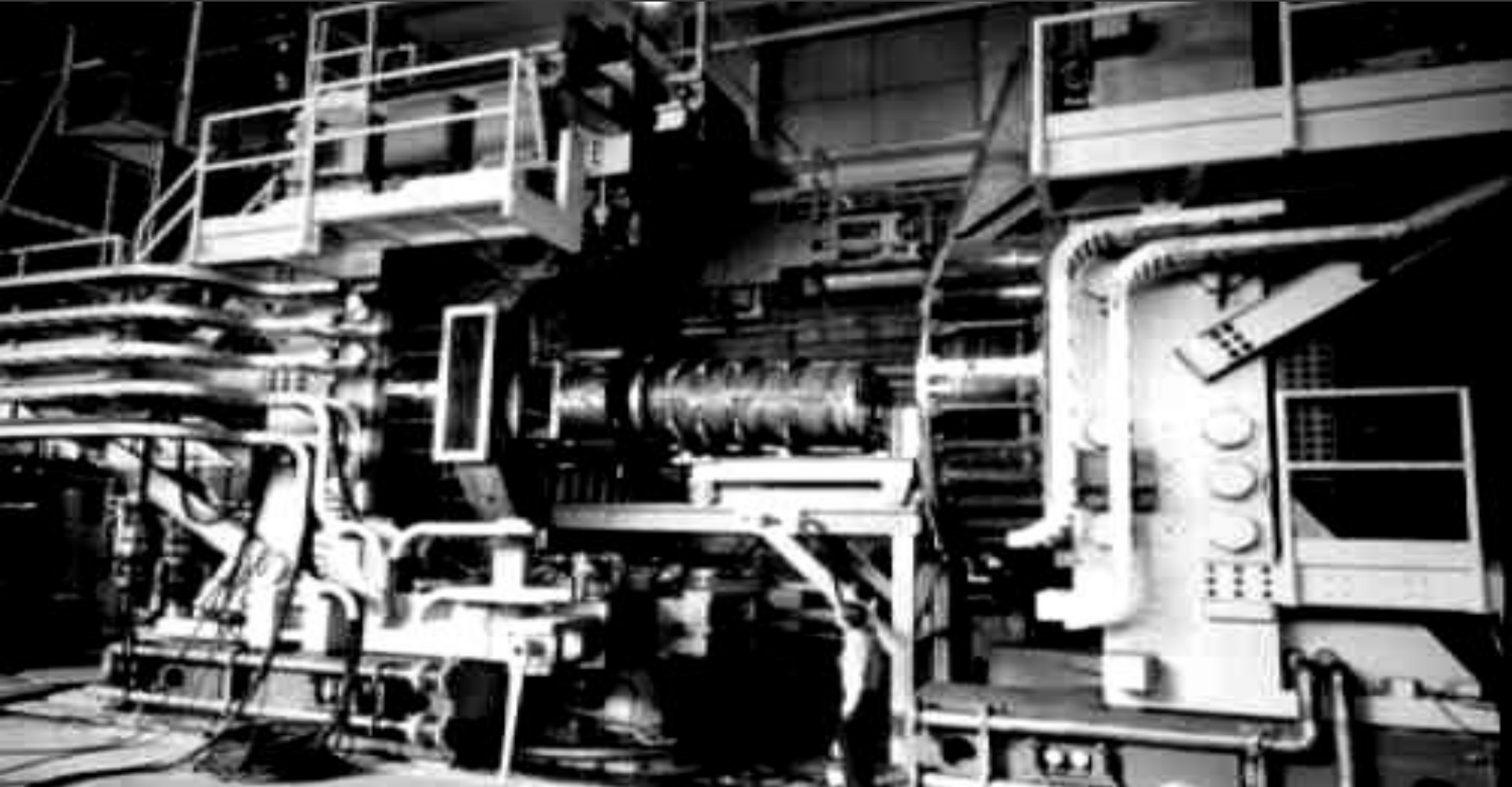
Cámara de burbujas



Una cámara de burbujas permite visualizar las trayectorias de las partículas cargadas. Las trazas curvas corresponden a partículas cargadas desviadas por un campo magnético. Las partículas positivas y negativas se curvan en sentidos opuestos. El radio de curvatura depende de la carga, masa y velocidad de las partículas. Su medida permite a los físicos calcular la energía de las partículas.



Cámara de burbujas de hidrógeno líquido

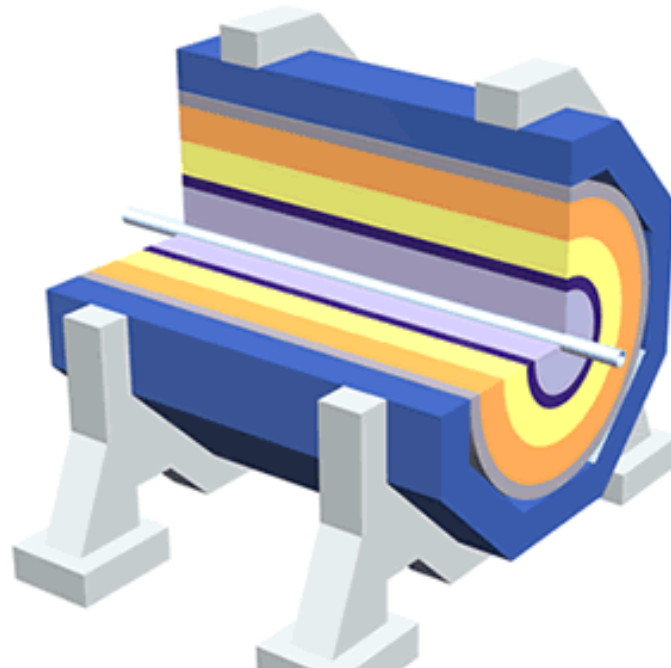


Esta cámara de burbujas de hidrógeno líquido, de 2 m, está situada en el Laboratorio Nacional de Brookhaven, en Long Island (Estados Unidos). En 1964 este aparato permitió descubrir una nueva partícula llamada omega-minus.



La cámara de burbujas es un detector de partículas cargadas eléctricamente. La cámara la compone una cuba que contiene un fluido transparente, generalmente hidrógeno líquido, que está a una temperatura algo más baja que su temperatura de ebullición. La partícula cargada deposita la energía necesaria para que el líquido comience a hervir a lo largo de la trayectoria, formando una línea de burbujas.

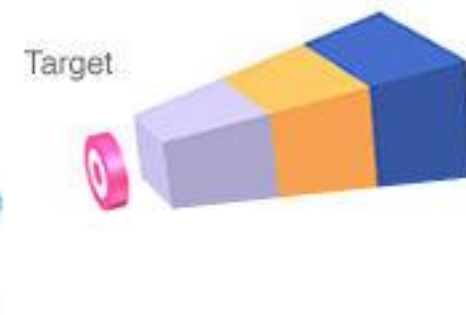
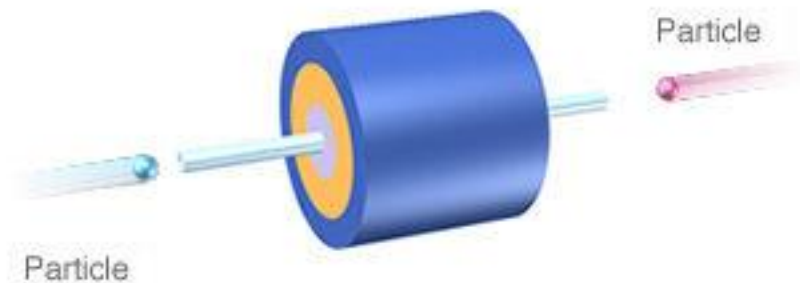
Detector Grande



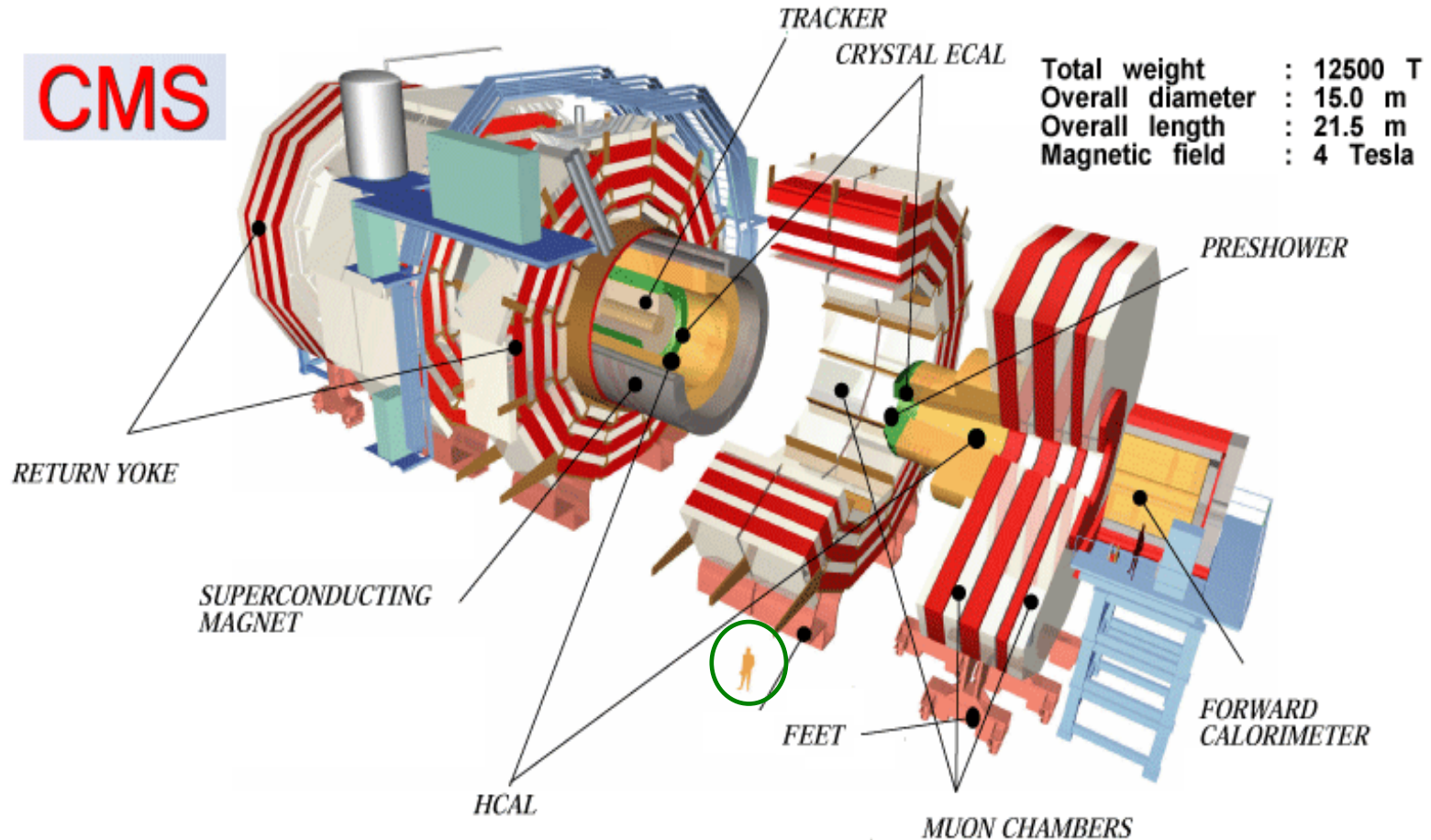
- Beam pipe
- Tracking chamber
- Magnet coil
- Electromagnetic calorimeter
- Hadron calorimeter
- Magnetise iron
- Muon detector

Detector

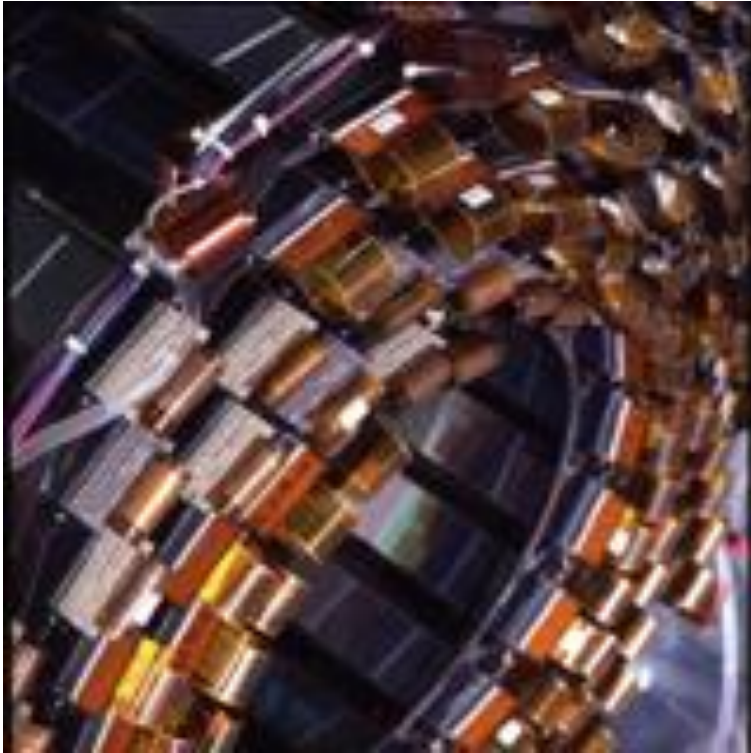
Detector



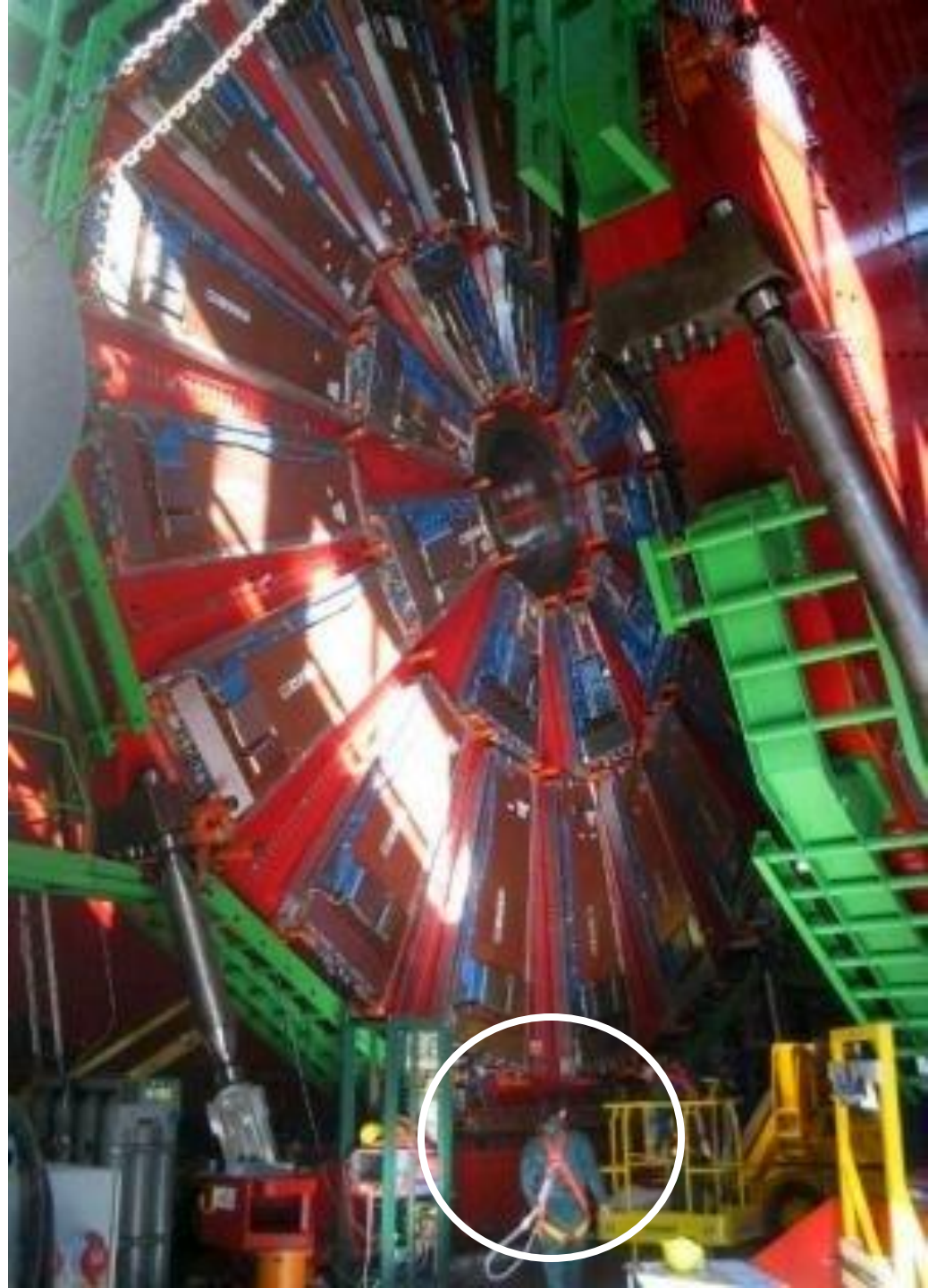
El detector CMS del LHC

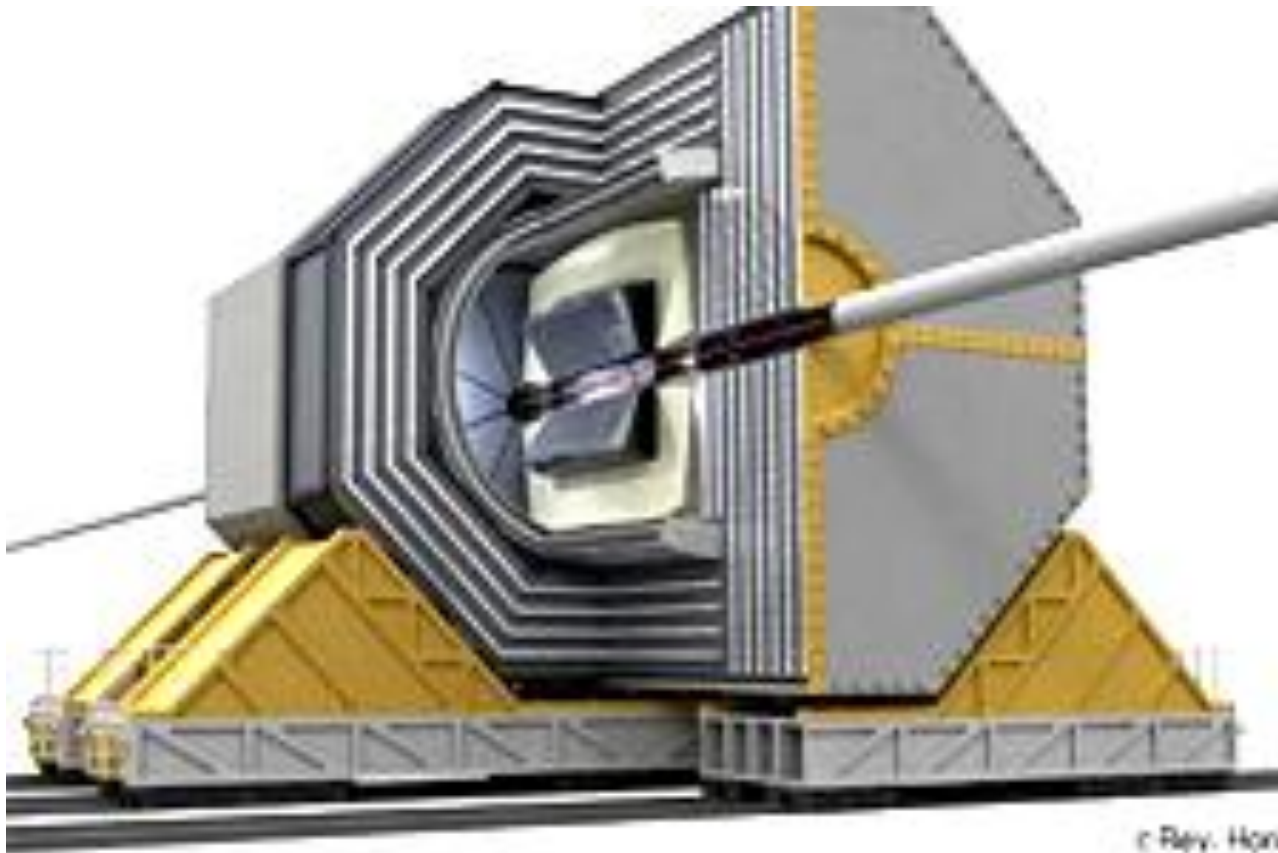


El detector CMS del LHC



El Compact Muon Solenoid (CMS) es un ejemplo de detector de partículas grande.



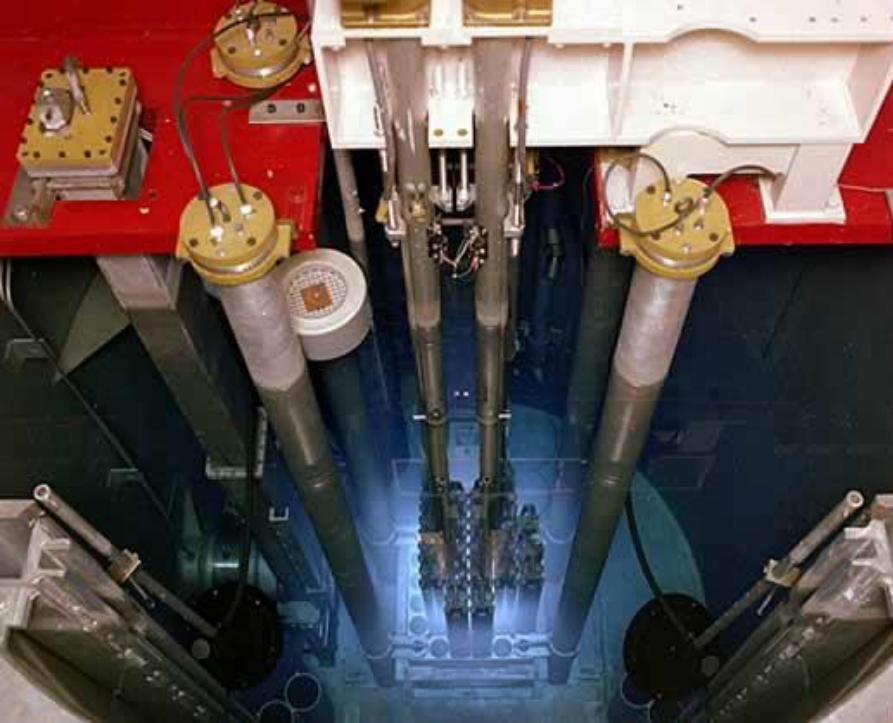


Concepción artística del detector del colisionador del International Linear Collider. (Courtesy KEK)

Detector de neutrinos



A gran profundidad, en la región italiana de los Abruzzos, el detector GALLEX observa la corriente de neutrinos procedente del Sol. El detector consiste en un depósito de 100 toneladas de tricloruro de galio líquido. El depósito es atravesado todos los días por billones y billones de neutrinos, pero estas 'fantasmagóricas' partículas son tan estables, que por término medio sólo una de ellas reacciona con el líquido y produce un único átomo de un isótopo radiactivo del germanio. Cada tres semanas se extraen del depósito estos átomos de germanio y se cuentan



Detector de Cherenkov

La radiación de Cherenkov es una radiación de tipo electromagnético producida por el paso de partículas en un medio a velocidades superiores a las de la luz en dicho medio.



Interior de los Detectores

